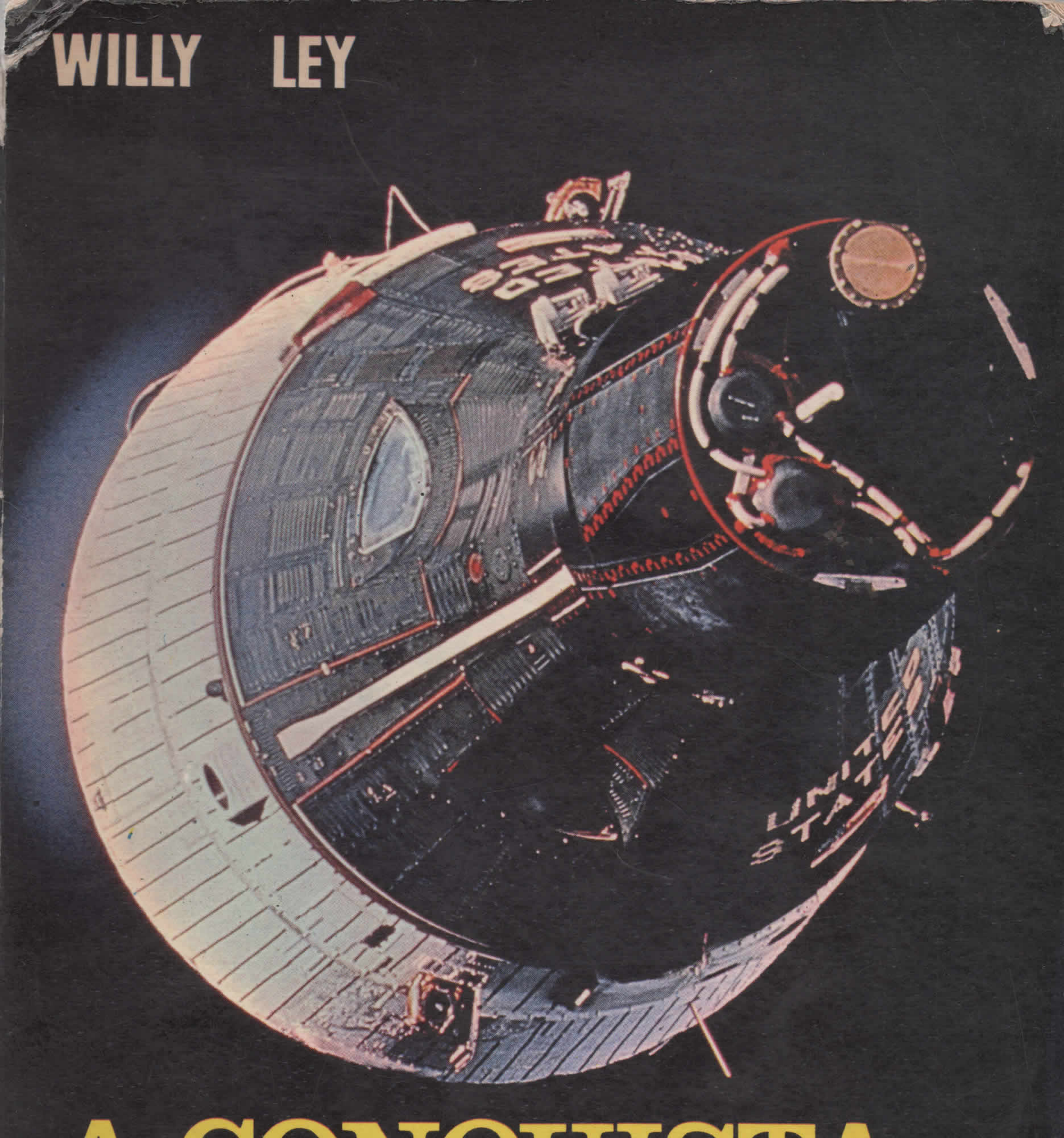
WILLY LEY



A CONQUISTA DE MARTE

Colegio Universo

A CONQUISTA DE MARTE

Coleção Universo

WILLY LEY

A CONQUISTA DE MARTE

Tradução de
LUÍS GOMES RIBEIRO

EDIÇÕES BLOCH

Primeira edição brasileira: novembro de 1967
Traduzida de
Mariner IV to Mars
segundo acôrdo com a The New American Librery, Inc.,
1301 Avenue of the Americas, New York 10019

Capa de
LUÍS SÉRGIO D'ARINOS SILVA

Contratados todos os direitos de edição por
EDIÇÕES BLOCH
Rua Frei Caneca, 511 — Rio de Janeiro — Brasil

Índice

Prefácio 7

Prólogo 9

A História dos Marcianos 19

A Órbita de Marte 41

As Luas de Marte 53

Cinco Concepções Sôbre um Planêta 71

Mariner Para Marte: A Missão 99

Mariner Para Marte: Resultados e Discussão 115

Epílogo: E Depois? 131

Apêndices:

Os Fatos Mais Importantes Sôbre Marte 135

Os Satélites de Marte 136

Performance de Vôo da Sonda Mariner IV 136

Um Calendário Para Marte 137

Prefácio

No dia 14 de julho de 1965, quando ainda era dia na costa oriental dos Estados Unidos, um engenho de forma invulgar — metade libélula, metade moinho de vento — passou perto do planêta Marte. Seu nome era Mariner IV, e apenas 230 dias antes ainda estava prêso à Terra, no Cabo Kennedy.

O Mariner IV, que vinha sendo seguido de perto por um engenho russo semelhante, foi o primeiro objeto a aproximar-se e entrar em contato com o mais falado dos planêtas do nosso sistema solar. Enquanto o engenho russo se aproximava do planêta, já se sabia que êle não funcionaria; pouco depois de seu lançamento, sua fonte de energia elétrica entrou em colapso, por motivos ignorados. Quanto ao Mariner IV, sabia-se que sua fonte de energia elétrica trabalhava corretamente, assim como seus dispositivos durante tôda a viagem. Porém, a pergunta principal ainda não tinha sido respondida: funcionariam suas câmaras e tirariam fotografias apresentando pormenores melhores do que os apresentados pelas fotos tiradas da Terra?

As câmaras funcionaram, como também os transmissores. As fotografias constituíram não sòmente um importante avanço científico, mas também uma grande surprêsa científica. O que as fotografias mostraram e por que constituíram surprêsa será explicado neste livro.

Outubro de 1965
Willy Ley

Prólogo

Há cêrca de um século e meio, Johann Wolfgang von Goethe, o grande poeta alemão, escreveu duas linhas de versos livres, que em português seriam mais ou menos assim:

> *Não posso imaginar um invento que fôsse mais almejado*
> *Que uma vela que iluminasse sem necessidade de ter seu pavio constantemente aparado.*

A queixa dizia respeito à peculiaridade das velas do tempo de Napoleão — e de Goethe. Os pavios eram ineficazes e se projetavam exageradamente da vela, produzindo uma luz avermelhada e trêmula, e enviando penachos de fumaça negra para os tetos primorosamente drapejados. Sempre que isso acontecia, tinha-se de lançar mão de uma tesoura-de-vela, de latão, especialmente feita para êsse fim, e cortar a ponta extra do pavio, em geral cortando-se demasiadamente baixo para que a chama se tornasse pequena e fraca momentâneamente. A indignação de Goethe sugere que isso acontecia freqüentemente e no exato momento em que se lia uma passagem difícil de acompanhar num livro, ou quando se chegava a uma parte mais difícil de uma redação. Sem dúvida, Goethe ficaria muito satisfeito com as lâmpadas de cabeceira que derramam luz correspondente a sessenta velas com apenas um pequeno movimento num interruptor — sem fumaça, sem odor e sem ajustagens constantes.

Todo progresso, no entanto, tem seu preço. Os habitantes das cidades de hoje, que têm por garantida a iluminação interna de seus lares, consideram da mesma maneira a iluminação externa, e logo irão reclamar, se encontrarem um lugar em sua rua que seja tão escuro a ponto de não poderem consultar seu relógio. Mas, por causa dessa esplêndida iluminação interna e externa, os residentes das cidades modernas perderam seu conhecimento sôbre o céu. Há cento e cinqüenta anos, um homem que deixasse sua residência à noite poderia, desde que fôsse uma noite límpida, ver tôdas as estrêlas mais brilhantes do céu, sem dificuldade. E nas noites sem Lua a Via-Láctea se estendia de horizonte a horizonte, num misterioso esplendor. Nenhuma luz terrestre interferia; quando muito, como Alexander von Humboldt mencionou uma vez, tinha-se de ordenar ao criado que carregava a lanterna que se mantivesse cêrca de vinte passos atrás. Humboldt queria ver as constelações que conhecia tão bem, e queria relembrar a luz zodiacal que não poderia ver de Paris, mas que já tinha visto muitas vêzes de bordo dos navios que singravam os mares tropicais.

Em suma, enquanto nossos astrônomos de hoje, que têm de se refugiar nos topos das montanhas para fugir das luzes brilhantes das cidades, conhecem, pelo menos, uma centena de vêzes mais o universo que nos cerca, do que o erudito e viajado Alexander von Humboldt, o homem médio de hoje perdeu a noção do firmamento, que constituía lugar-comum para o avô de seu avô. Christian Feargod Breakstone, fazendeiro de Vermont em 1820, estaria não sòmente familiarizado com a Via Láctea e com as constelações mais em evidência, mas também saberia que, cada dois anos, havia uma notável estrêla vermelha no céu. Ela se mantinha brilhante durante certo número de semanas e depois se desvanecia lentamente, para reaparecer dois anos mais tarde. O fazendeiro Breakstone provàvelmente também saberia que a estrêla vermelha era chamada Marte. Se êle fôsse razoàvelmente lido e um pouco supersticioso, ficaria convencido de que o aparecimento de Marte no firmamento significaria guerra.

Marte adquiriu essa reputação desde os tempos clássicos, em que sua côr avermelhada sugeria conflagrações e sangue. A civilização mais velha que deixou registro, a dos babilônios, chamava-o de *Nerval* e considerava-o o juiz dos mortos. Platão, na Grécia clássica, batizou-o com o nome de *pyróeis* (o flamejante); o nome comum grego de Marte era Ares (de áro, matar), ao passo que os romanos chamavam-no Marte, nome agora internacionalmente usado. Torna-se desnecessário dizer que Marte era o deus romano da guerra; o signo de Marte é constituído por uma combinação do escudo e lança.

Nos fins da Idade Média, as propriedades astrológicas do planêta vermelho estavam bem definidas:

"Marte governa as catástrofes e a guerra, é o senhor das horas diurnas de têrça-feira e das horas noturnas de sexta-feira, seu elemento é o fogo, seu metal é o ferro, suas pedras preciosas são o jaspe e a hematita, e êle governa a côr vermelha. Suas qualidades são cálidas e sêcas, êle governa a côr vermelha, o fígado, os vasos sangüíneos, os rins e a vesícula biliar, bem como o ouvido esquerdo. Sendo de temperamento colérico, êle governa especialmente os homens entre 42 e 57 anos de idade."

Estas declarações foram extraídas de um manuscrito não publicado do século XV, o chamado *Centriloquium*. O manuscrito está em alemão, mas a maioria dêle parece ser uma tradução de velho manuscrito latino. Mas o poema que segue esta condensação astrológica é indubitàvelmente um original do período, e, igualmente indubitável, o "poeta" não era poeta — êle meramente conseguiu obter umas rimas. Imitando seu estilo, as primeiras doze linhas poderão ser mais ou menos assim:

Eu, Marte, sou o terceiro planêta.
Nenhum é mais irado e belicoso.
Por natureza sêco e caloroso,
Mais quente fico quando de veneta.
Os doze signos não são meus amigos.
Áries e Escorpião tenho a favor.
Em seus reinos, meus raios inimigos,
Causam guerras funestas, morte, horror.
Em Capricórnio exerço o meu reinado,
Mas em Câncer perco a minha fôrça.
Os doze signos meu poder encerram,
E em cada dois anos varro a Terra.

Durante os tempos de Goethe e Humboldt na Alemanha, do Cavaleiro de Lamarck e do Conde de Buffon em França, e de *Sir* William Herschel na Inglaterra, as idéias astrológicas foram abandonadas pelos homens eruditos. Êles compreenderam que os conceitos filosóficos raramente se harmonizam com a realidade, e que a Natureza e as leis naturais não podem ser deslindadas por meras especulações. Tentaram substituir a especulação pela observação, pelo cálculo e, quando possível, pelos experimentos. Mas o que os astrônomos tinham para dizer sôbre o planêta Marte em, digamos, 1820, era um tanto escasso.

Marte, sabiam, era o primeiro planêta do sistema solar que tinha uma órbita maior do que a da Terra. O diâmetro do planêta era grosseiramente a metade do diâmetro da Terra, e seu dia cêrca de meia hora mais longo do que o dia terrestre. Não possuía lua. Sua superfície apresentava áreas escuras numa vastidão amarelo-avermelhado clara, que sugeria um deserto. Supondo-se, como era lógico, que as áreas escuras fôssem mares e as claras fôssem terra, chegava-se à interessante conclusão de que a proporção de água

para a terra em Marte era oposta à da Terra. Em nosso planêta, os oceanos cobrem cêrca de três quartos da superfície, e as terras o outro quarto. Em Marte, as áreas escuras, os presumíveis mares, cobrem apenas um quarto da superfície. Ainda assim, a distribuição das águas sôbre a superfície é tal que um astrônomo inglês, por volta do ano de 1860, escreveu que "não há porção do planêta Marte que não possa ser atingida por uma nave". [1] É interessante notar que uma das mais importantes descobertas sôbre Marte, ou seja, que a sua órbita é uma elipse, foi baseada nas medidas efetuadas pelo nobre dinamarquês Tycho Brahe, anterior à invenção do telescópio. *(Ver Capítulo 2.)* Porém, mesmo os olhos mais penetrantes não poderiam distinguir nenhum pormenor sôbre o planêta; conseqüentemente, a história das descobertas começa com a invenção do telescópio.

Galileu Galilei, o primeiro homem a utilizar o então recém-inventado telescópio para uma pesquisa sistemática do céu estrelado, assestou-o na direção de Marte por uma razão específica. Se Copérnico estivesse certo e os planêtas girassem em volta do Sol, em vez de em volta da Terra, e se a Terra fôsse apenas mais um planêta entre os planêtas, muita coisa apareceria no telescópio. Mercúrio e Vênus, os dois planêtas situados dentro da órbita da Terra, deveriam apresentar fases, como a Lua. Não havia dúvida quanto a Vênus, e em que pêse o fato de seu pequeno telescópio ter deixado a questão aberta para Mercúrio, Galileu Galilei estava certo de que suas fases apareceriam num instrumento melhor. Marte, por outro lado, nunca apresentaria a forma de meia-lua, porque sua órbita era mais alongada do que a da Terra, e veríamos, portanto, sempre seu hemisfério iluminado. Mas, em certa posição ao longo de sua órbita, o planêta apresentaria um aspecto ligeiramente convexo, de lua quase cheia. Galileu procurou essa fase gibosa do planêta, porém seu instrumento era muito fraco para isso.

Sabemos que êle a procurou, porque, numa carta para um conhecido — escrita em dezembro de 1510 —, explicou por que Marte deveria ter uma aparência gibosa, de lua quase cheia, de tempo a tempo, e queixou-se por não ter conseguido vê-la.

Francesco Fontana conseguiu vê-la numa tarde de agôsto de 1638. O desenho que apresentou da fase gibosa de Marte é exagerado e revela dois fatos: que Fontana não era um bom desenhista e que seu telescópio tinha um defeito — punha sempre uma mancha escura no centro de tudo. *(Ver Figura 1.)*

O primeiro homem que identificou o aspecto da superfície de Marte foi o holandês Christiaan Huygens, que observou Marte repetidamente, durante o período de 1659 a 1683. Êle possuía um telescópio melhorado, de sua própria concepção e construção, e

---

1. Hoje em dia, se o astrônomo ainda vivesse, poderia justificar suas declarações dizendo que se tinha, certamente, referido a uma nave espacial.

desenhou um triângulo escuro na região hoje designada como *Syrtis maior* em vários de seus esboços sôbre Marte. O desenho feito na tarde de 13 de agôsto de 1672 também mostra a calota polar do hemisfério sul; é o primeiro desenho que mostra êsse aspecto saliente do planêta. Mas Huygens não estava particularmente interessado no aspecto da superfície; isto constituía mero incidente daquilo que realmente procurava: verificar se Marte girava em tôrno de seu eixo. Marte girava, e Huygens concluiu que o comprimento de um dia marciano devia estar bem perto de "vinte e quatro horas terrestres".

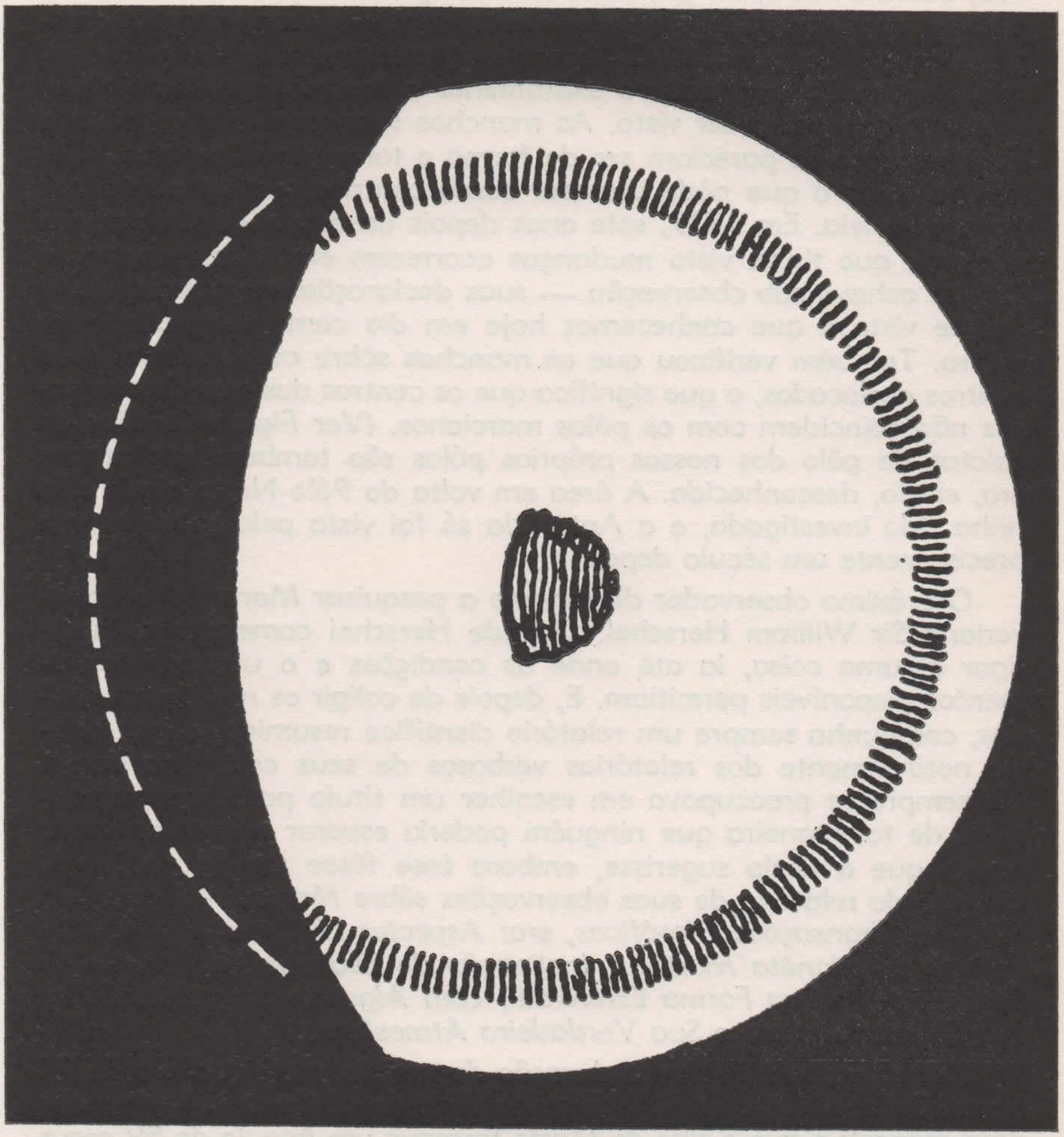


Fig. 1. Desenho de Marte, por Francesco Fontana, em 1638. A figura mostra Marte em sua forma gibosa (de corcunda), mas Fontana exagerou; a linha branca tracejada indica onde a borda deveria estar.

Huygens chegou a esta conclusão em 1659, e em 1666, Giovanni Domenico Cassini, professor de Astronomia da Universidade de Bolonha, decidiu verificar o fato. Averiguou que Marte apresentava o mesmo aspecto tôdas as tardes, mas que a aparência exata com a da noite anterior só se verificava 40 minutos mais tarde. Concluiu, portanto, que o dia marciano deveria ter a duração de cêrca de 24 horas e 40 minutos.

Meia dúzia de anos depois, em 1672, o sobrinho de Cassini, Giacomo Filippo Maraldi, quando começou a abservar Marte, provou, desde o início, ser um observador diligente e aplicado. Em 1704, êle estava convencido de que Marte concluía uma rotação completa em pouco menos de 24 horas e 40 minutos, e também anotou que Marte não apresentava exatamente a mesma aparência tôdas as vêzes que podia ser visto. As manchas brancas sôbre os pólos e as áreas escuras pareciam ser de forma e tamanho diferentes. Mas isso foi tudo o que pôde oferecer como contribuição enquanto seu tio ainda vivia. Em 1719, sete anos depois da morte de Cassini, êle declarou que tinha visto mudanças ocorrerem em Marte enquanto êste se achava sob observação — suas declarações sugerem que êle tivesse visto o que conhecemos hoje em dia como tempestade de poeira. Também verificou que as manchas sôbre os pólos têm seus centros deslocados, o que significa que os centros das manchas brancas não coincidem com os pólos marcianos. *(Ver Figura 2.)* Que as calotas de gêlo dos nossos próprios pólos são também excêntricas era, então, desconhecido. A área em volta do Pólo Norte ainda não tinha sido investigada, e a Antártida só foi vista pela primeira vez precisamente um século depois.

O próximo observador de renome a pesquisar Marte foi o hanoveriano *Sir* William Herschel. Quando Herschel começava a investigar alguma coisa, ia até onde as condições e o uso dos instrumentos disponíveis permitiam. E, depois de coligir os resultados obtidos, compunha sempre um relatório científico resumido, o que diferia notàvelmente dos relatórios verbosos de seus contemporâneos. Êle sempre se preocupava em escolher um título para suas exposições, de tal maneira que ninguém poderia esperar encontrar senão aquilo que o título sugerisse, embora êsse fôsse um pouco longo. O título do relatório de suas observações sôbre Marte, publicado em 1784 no *Transações Filosóficas*, era: *Aspectos Notáveis das Regiões Polares do Planêta Marte, a Inclinação de Seu Eixo, a Posição de Seus Pólos, a Sua Forma Esferoidal; com Algumas Sugestões Sôbre Seu Diâmetro Exato e Sua Verdadeira Atmosfera.*

Herschel concluiu que a duração de um dia marciano era de 24 horas, 39 minutos e 21,67 segundos (êrro de cêrca de 14 segundos para menos); e que o eixo de Marte formava um ângulo de 59 graus e 42 minutos (êrro de cêrca de 3 graus); confirmou a excentricidade das calotas polares em relação aos pólos, e, uma vez convencido de que ambas consistiam de neve e gêlo, declarou que não poderiam

ser muito espêssas, visto que se dissipavam completamente durante o verão marciano. Herschel notou a presença de uma atmosfera, e foi o primeiro astrônomo que noticiou as variações de côr de Marte enquanto o planêta estava sendo observado.

A publicação de Herschel bem poderia ser chamada a recapitulação total dos conhecimentos sôbre Marte há cento e cinqüenta anos passados.

Seguiram-se então três quartos de século de lento progresso, e, estranho como pareça, isso foi talvez devido a Herschel. Êle antecipara e fizera um grande número de descobertas a respeito das estrêlas fixas. Verificara que havia na realidade "estrêlas duplas" (hoje conhecidas como binárias); confeccionara listas enormes das então misteriosas e interessantes nebulosidades; e trabalhara na solução do problema da localização do nosso Sol na Via-Láctea.

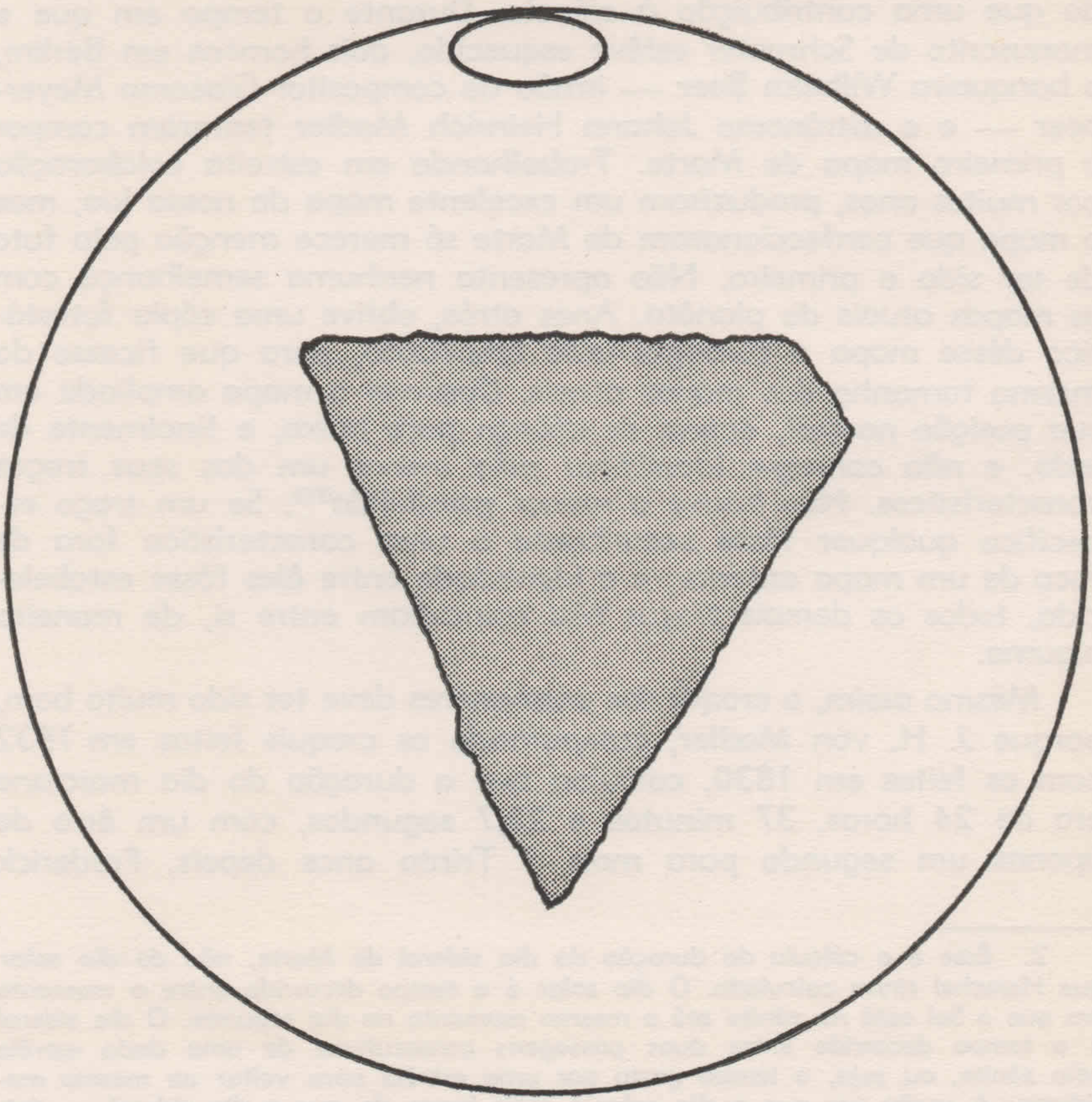


Fig. 2. Marte em 1719. Desenho de Giacomo Filippo Maraldi. Êste desenho simples mostra dois detalhes importantes de Marte: a calota polar do hemisfério sul e uma marca triangular escura, hoje denominada *Syrtis Maior*.

Tentou medir a distância entre o Sol e outras estrêlas, mas não obteve sucesso; contudo, Bessel, na Alemanha, Struve, na Rússia e o escocês Henderson, temporàriamente na África do Sul, seguiram a pista deixada por Herschel e foram felizes. E, uma vez que todos queriam ver o que Herschel tinha visto, os planêtas foram negligenciados momentâneamente, em favor das estrêlas fixas.

Um bom e cuidadoso observador, o Dr. Johann Hieronymus Schroeter, em Liliental, perto de Bremen — utilizando um telescópio feito por Herschel —, executou uma longa série de observações de Marte, estendendo-se pelos anos de 1785 a 1802. Mas, por causa de complicações políticas produzidas pelas Guerras Napoleônicas, os manuscritos de Schroeter não foram impressos imediatamente; a Universidade de Leyden finalmente os publicou. Isso aconteceu sòmente em 1881, cêrca de 80 anos depois do término do trabalho, e a publicação constituiu mais uma homenagem póstuma a Schroeter do que uma contribuição à ciência. Durante o tempo em que o manuscrito de Schroeter estêve esquecido, dois homens em Berlim, o banqueiro Wilhelm Beer — irmão do compositor Giacomo Meyerbeer — e o astrônomo Johann Heinrich Madler tentaram compor o primeiro mapa de Marte. Trabalhando em estreita colaboração por muitos anos, produziram um excelente mapa da nossa lua, mas o mapa que confeccionaram de Marte só merece menção pelo fato de ter sido o primeiro. Não apresenta nenhuma semelhança com os mapas atuais do planêta. Anos atrás, obtive uma cópia fotostática dêsse mapa e consegui uma ampliação, para que ficasse do mesmo tamanho dos mapas atuais. Observei o mapa ampliado em sua posição normal, depois de cabeça para baixo, e finalmente de lado, e não consegui identificar pelo menos um dos seus traços característicos. Não houve a menor possibilidade. Se um traço específico qualquer fôsse semelhante a uma característica fora de foco de um mapa anterior, e a identidade entre êles fôsse estabelecida, todos os demais traços não coincidiam entre si, de maneira alguma.

Mesmo assim, o croqui dos pormenores deve ter sido muito bom, porque J. H. von Madler, comparando os croquis feitos em 1832 com os feitos em 1830, calculou que a duração do dia marciano era de 24 horas, 37 minutos e 23,7 segundos, com um êrro de apenas um segundo para mais. [2] Trinta anos depois, Frederick

---

2. Êsse é o cálculo da duração do dia sideral de Marte, não do dia solar que Herschel tinha calculado. O dia solar é o tempo decorrido entre o momento em que o Sol está no zênite até o mesmo momento no dia seguinte. O dia sideral é o tempo decorrido entre duas passagens consecutivas de uma dada estrêla pelo zênite, ou seja, o tempo gasto por uma estrêla para voltar ao mesmo meridiano. A razão por que o dia solar é mais longo do que o dia sideral — dois minutos, no caso de Marte — é que o planêta se deslocou ao longo de sua órbita durante o referido dia, de tal maneira que a posição do Sol no firmamento se alterou um pouco. Ver no Apêndice os números atualmente considerados corretos.

Kaiser, de Leyden, introduziu uma correção de 1,1 segundo, aproximando-se do verdadeiro valor por um êrro de menos de um segundo.

O interêsse pelo planêta Marte aumentou um pouco durante os anos de 1858 a 1864, porque havia um grande número de boas "oposições". [3] Em Roma, o astrônomo do Papa, o Padre Angelo Secchi, S. J., desenhou os primeiros croquis em côres de Marte, em pastéis amarelo e verde. E o Reverendo William Rutter Dawes, na Inglaterra — apelidado de "olhos de águia", por seus contemporâneos —, fêz alguns croquis dos relevos da superfície de Marte, que raramente têm sido superados. Êste curto período de interêsse por Marte atingiu seu clímax em 1867, com a publicação de um mapa de Marte pelo astrônomo inglês Richard Anthony Proctor. Grandemente inspirado no mapa de Beer-Madler, Proctor batizou os relevos de Marte — e foi prontamente criticado por ter dado nomes de astrônomos inglêses à maioria dos relevos principais, e especialmente pelas denominações Oceano Dawes, Continente Dawes, Mar Dawes, e Baía Bifurcada de Dawes!

Naturalmente, naquele tempo, os astrônomos sabiam tudo a respeito da órbita de Marte e podiam predizer que o ano de 1877 seria especialmente favorável para observações do planêta. O ano de 1879 também seria particularmente favorável, porém 1877 era o ano. À medida que o tempo se aproximava, vários astrônomos regularam suas atividades de tal maneira que pudessem dedicar a Marte todo o tempo disponível para observações; não seriam dificultados por nada, exceto pelo mau tempo. Dentre os que estavam prontos e esperando, destacavam-se um jovem italiano chamado Giovanni Virginio Schiaparelli e um americano, pouco mais velho, de nome Asaph Hall.

O ano de 1877 chegou e passou; o melhor mês para as observações foi agôsto.

Houve, naturalmente, alguns atrasos por causa do tempo necessário para escrever e imprimir os resultados das descobertas. Mas, depois de tudo concluído, Marte tornou-se de repente o mais falado de todos os planêtas do sistema solar.

Para começar, Marte deixou de ser um planêta sem "lua". Asaph Hall descobriu que êle tinha duas luas pequeninas. Porém o que mais emocionou certas pessoas foi o fato de que a existência dessas duas pequeninas luas tinha sido "predita". A partir dêsse dia, o misticismo citava aquela predição como "prova" de que a mente humana possui podêres desconhecidos — ou que antes extraterrestres estiveram em contato com certas pessoas no passado. Esta estória será contada no Capítulo 3.

Mas, enquanto as descobertas de Asaph Hall emocionavam algumas pessoas, o relatório publicado por Schiaparelli emocionou

---

3. Ver no Capítulo 2 a significação dêste têrmo.

a todos. Schiaparelli, favorecido por um excelente telescópio, por um céu italiano límpido e, o que era mais importante, pela proximidade de Marte, produziu os mapas marcianos mais pormenorizados até então publicados. Conseguiu ver certo número de linhas escuras razoàvelmente retas. Ao contrário da crença geral, não foi o primeiro a ver as tais linhas. O Reverendo William Dawes vira e desenhara algumas, o Padre Secchi assinalou pelo menos uma em seu desenho colorido de Marte, e o mapa de Proctor também assinalava várias dessas linhas. Schiaparelli, entretanto, vira muitas, e utilizou uma designação curiosa. Êle as denominou *canali*.

A palavra italiana *canali* (que está no plural) tem dois significados. Quer dizer sulco, ranhura, como as ranhuras feitas nas madeiras pelos carpinteiros para encaixar duas peças de mobília. Significa também canais do tipo que liga um lago a um mar. Quando empregada para designar acidentes naturais, significa também "canais", como o Canal da Mancha. Schiaparelli utilizou-a com esta última acepção, mas, para todos, quer falassem inglês, francês, alemão ou russo *canali* significava "canais" artificiais, feitos pelo homem, sugerindo necessidades comerciais e determinado conhecimento da tecnologia — uma grande soma de tecnologia, a julgar pelo comprimento dos "canais" de Marte.

Marte, que até 1877 nada mais era do que um simples planêta da família dos planêtas, apenas distinguido pela sua côr, de repente passou a ser o planêta, o único com que valia a pena alguém se preocupar, porque era um planêta *habitado*, como se tornava evidente pela tecnologia demonstrada pelos marcianos, o que qualquer um (pelo menos assim julgava o leigo) poderia ver, bastando para isso olhar por um telescópio quando Marte se achasse próximo. E, se encontrássemos um modo de nos comunicarmos com os habitantes de Marte, provàvelmente teríamos o que aprender com êles.

1

A História dos Marcianos

Um amigo nosso, que declarou ser "astrônomo" a sua profissão, quando teve de preencher qualquer formulário, tomou providências, durante muitos anos, para que fôsse apresentado apenas como o Dr. Fulano de Tal, na esperança de que as pessoas o tomassem por um médico. Não queria ter a sua verdadeira profissão conhecida, porque, como dizia: "Quando as pessoas sabiam ser eu astrônomo, faziam invariàvelmente duas perguntas. A primeira era por que os astrônomos não acreditavam na astrologia; a segunda, se havia ou não habitantes no planêta Marte. A resposta à primeira questão consistiria numa aula de uma hora, que eu não poderia dar, a menos que fôsse pago para isso. E a resposta à segunda questão seria *não sei*, e então as pessoas perguntariam *por que você não sabe?*, e a resposta a esta indagação posterior seria outra aula."

O fato é que nenhum astrônomo, desde cêrca de 1880 até a Segunda Guerra Mundial, jamais deixou de ser interpelado sôbre se na realidade haveria habitantes em Marte. A resposta variava muito, dependendo do ano em que a pergunta era feita — e também, certamente, da inclinação pessoal do astrônomo. De 1880 até a Primeira Guerra Mundial, a maioria dos astrônomos diria que pelo menos alguns de seus colegas estavam convencidos de que Marte era habitado por uma raça inteligente e polìticamente unida. Entre os anos de 1914 e 1935, a resposta diria que a existência de marcianos inteligentes seria duvidosa, apesar de não haver muita certeza nessa afirmativa.

Desde então as nossas dúvidas se tornaram maiores ainda. É importante frisar agora que a idéia da vida inteligente no planêta Marte *não* começou depois que Schiaparelli anunciou a existência dos *canali.*

A idéia de que Marte pudesse ser habitado concretizou-se imediatamente depois de o telescópio mostrar que o planêta era na realidade um mundo sólido, e não apenas uma luz no firmamento. Nos fins do século XVII, o holandês Christiaan Huygens referia-se aos habitantes dos planêtas como coisa natural, e chegou mesmo a escrever um livro, no qual analisava a organização dos corpos dos povos de outros planêtas. Huygens tampouco considerava essa atitude como fora do comum. Era cristão, não sòmente pelo nome, mas também pela maneira de pensar, e havia muitas passagens na Bíblia que poderiam ser interpretadas como significando que a Terra fôra criada para benefício do homem. Se um planêta, a Terra, fôra criado para benefício de seus habitantes, lógico seria formular a hipótese de que outros planêtas teriam sido criados para benefício de *seus* habitantes. Isto significaria, por sua vez, que os planêtas *tinham* habitantes.

Huygens, naturalmente, tinha lido os clássicos, e encontrara os mesmos pontos-de-vista na *História Natural* de Plínio, o Velho, que não era um cristão, nem tinha lido a Bíblia, ainda não aparecida naquele tempo. Mas Gaius Plinius Secundus, para usar seu nome completo, também estava convencido de que tôdas as coisas tinham sido criadas para o uso do gênero humano; se não havia uma utilidade imediata, pelo menos ministrava uma lição filosófica de alguma espécie. Mesmo de um ponto-de-vista não cristão, era lógico pressupor que os outros planêtas tivessem habitantes. A fim de evitar mal-entendidos, devemos adicionar que não foi o próprio Plínio quem chegou a essas conclusões; em seu tempo, as estrêlas e planêtas eram considerados simples pontos de luz no firmamento — talvez os tronos de deuses e deusas.

Pràticamente todos, durante os séculos XVII e XVIII, estavam de acôrdo com Huygens. O grande filósofo Immanuel Kant, escrevendo à luz de velas vacilantes, como Goethe, afirmava que "os planêtas que não são habitados agora, sê-lo-ão eventualmente no futuro". E, em sua *História Natural Geral e Teoria dos Universos* (1755), Kant escreveu: "De fato, os dois planêtas, Terra e Marte, são os laços intermediários do sistema planetário, e pode-se afirmar, com boa probabilidade de acertar, que seus habitantes constituem um meio-têrmo entre os extremos no que se refere a Sociologia e Moral." E em 1784 o grande observador astronômico, *Sir* William Herschel, afirmou que Marte possui uma atmosfera, "e em conseqüência seus habitantes desfrutam de condições análogas às nossas, em vários aspectos". Quarenta anos depois, ou mais, o grande matemático Carl Friedrich Gauss sugeriu que enviássemos um sinal aos marcianos para que êles fôssem informados da nossa existência e se certificassem de que suspeitávamos da dêles.

Gauss chegou mesmo a estender-se em pormenores. O sinal deveria ser tal que não pudesse ser confundido com um acidente da natureza, e ao mesmo tempo claramente entendido. Uma vez que as leis da Matemática devem ser as mesmas em qualquer lugar do Universo, Gauss sugeriu um símbolo matemático, um triângulo retângulo com quadrados construídos sôbre os três lados, constituindo uma figura usualmente conhecida como "Teorema de Pitágoras". A tundra siberiana parecia ser suficientemente grande; as linhas da figura seriam formadas por pinheiros negros, e o interior dos quadrados, para contraste, seria semeado com trigo ou qualquer vegetação clara. *(Ver Figura 3.)* E, desde que Marte se acha razoàvelmente longe do Sol, acrescentou Gauss, os marcianos poderiam responder sem muita dificuldade: tudo o que teriam de fazer seria providenciar grandes figuras geométricas compostas de lâminas delgadas de metal que refletissem os raios solares.

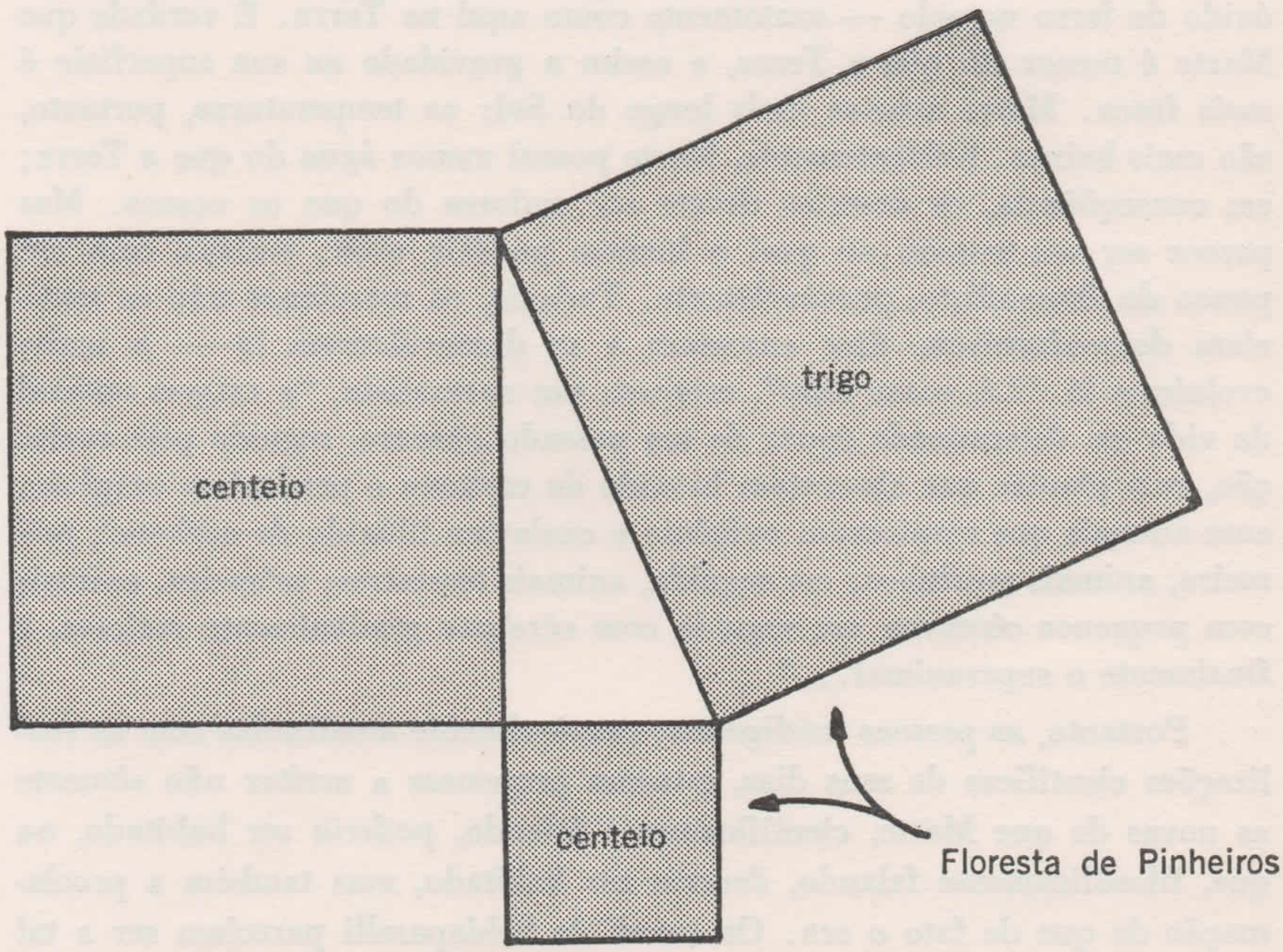


Fig. 3. A figura geométrica que Carl Friedrich Gauss sugeriu que fôsse construída na tundra siberiana, como um modo de se enviar sinais aos marcianos.

À medida que a ciência, e especialmente a ciência experimental, avançava com passos de gigante no século XIX, cada descoberta nova parecia confirmar as velhas especulações, às vêzes adicionando requintes de pormenores. Aproximadamente na mesma época em que Gauss concebeu a idéia de utilizar a tundra siberiana como um quadro-negro colossal, o químico Friedrich Wöhler conseguiu obter das substâncias "inorgânicas" a chamada substância "orgânica", provando que matéria viva não difere fundamentalmente de matéria "morta". Esta descoberta propiciou a renovação das velhas especulações, ou seja, que a vida poderia ter surgido de uma combinação de matéria inanimada. Posteriormente, no século XIX, Gustav Adolf Kirchhoff e Robert Wilhelm Bunsen desenvolveram a análise espectral, provando que os mesmos elementos químicos que temos na Terra podem ser encontrados no Sol e em qualquer parte do Universo.

Assim, se alguma região de Marte, vista pelo telescópio, se assemelhasse à areia do deserto, poder-se-ia declarar, com tôda a honestidade, que se tratava de um deserto arenoso, como o Saara. E, se alguma área tivesse aspecto avermelhado, poder-se-ia dizer que isso era devido à presença de óxido de ferro no solo — exatamente como aqui na Terra. É verdade que Marte é menor do que a Terra, e assim a gravidade na sua superfície é mais fraca. Marte acha-se mais longe do Sol; as temperaturas, portanto, são mais baixas. Evidentemente, Marte possui menos água do que a Terra; em conseqüência, os desertos devem ser maiores do que os nossos. Mas parece ser um mundo no qual o homem poderia viver, embora com um pouco de desconfôrto, provàvelmente. Todavia, os marcianos não se sentiriam desconfortáveis. Êles nasceram e se desenvolveram lá — e mais: evoluíram lá. "Lá, como aqui", escreveu um naturalista, "a origem natural da vida em determinada época de um passado obscuro, seguido pela evolução, com plantas que absorviam bióxido de carbono e produziam oxigênio, com animais que respiravam oxigênio e exalavam bióxido de carbono; primeiro, animais marinhos; em seguida, animais terrestres; primeiro, animais com pequenos cérebros, em seguida com cérebros gradualmente maiores, e finalmente o superanimal..."

Portanto, as pessoas inteligentes, razoàvelmente atualizadas com as realizações científicas de seus dias, estavam propensas a aceitar não sòmente as novas de que Marte, cientìficamente falando, *poderia* ser habitado, ou que, filosòficamente falando, *deveria* ser habitado, mas também a proclamação de que de fato o era. Os *canali* de Schiaparelli pareciam ser a tal proclamação.

Quem quer que duvidasse disso, ou de parte disso, ou de tôda a história, evidentemente era um reacionário, um retrógrado e um inculto teimoso, que não valia a pena ser ouvido, um grosseirão e um maçante, alguém que certamente jamais progrediria e provàvelmente estava destinado a ficar

prêso ao chão, envolvido pela poeira produzida pela carruagem do progresso. Em vez de perder tempo com tais pessoas, era muito mais divertido meditar sôbre os marcianos, que agora já se "sabia" existirem. Talvez não fôssem tão favorecidos da sorte, mas afirmar isso seria perigoso; a sorte dos esquimós também não é das melhores, mas parece que êles não se dão conta disso.

Quem quiser divagar, poderá fazê-lo de duas maneiras: Poderá escrever um ensaio no qual tôdas as alternativas devem ser sempre pesadas e explicadas, com risco de tornar a leitura pesada e enfadonha. Ou então partir de algumas hipóteses e descrever aquilo que poderia ser possível — não necessàriamente sob a forma de ficção, embora seja esta a forma predileta de quase todos os escritores. Neste caso, mesmo que, eventualmente, tudo se revele comprovadamente falso, pelo menos os leitores se divertiram. Todos os que tomaram conhecimento dos *canali* eram bem inclinados a êsse tipo de diversão, e muitos escritores estavam prontos para obsequiá-los. Surgiu um tipo especial de ficção, girando em tôrno do planêta Marte e seus habitantes.

A primeira novela especìficamente consagrada ao planêta Marte foi escrita por um autor inglês chamado Percy Gregg, e publicada em 1880. Intitulava-se *Através do Zodíaco.* [1] A novela consistia numa estória dentro de uma estória: o autor escreveu que, quando estivera em Nova York, conhecera um oficial da Marinha Americana que lhe relatara a interessante experiência que tivera numa de suas viagens. Certa ocasião em que seu navio estava fundeado perto de uma ilha de coral no sul do Pacífico, para pequenos reparos, um enorme e flamejante meteoro caiu na ilha, e alguns fragmentos produziram enormes vagalhões, que destruíram o navio. O comandante conseguiu alcançar a praia e investigou a devastação, assim que clareou o dia. Encontrou uma enorme cratera produzida pelo impacto do meteoro, e vários fragmentos de um metal que não conhecia. Junto aos escombros da cratera havia uma caixa de metal muito pesada, pràticamente intata. Conseguiu abri-la, encontrando dentro um manuscrito, que estava, ou parecia estar, escrito numa língua desconhecida; em suma, êle não conseguira ler o documento. Todavia, folheando-o, tivera a impressão de que estava redigido em latim, e raciocinou que, se alguém desejasse enviar uma mensagem à Terra, sem saber onde iria cair, provàvelmente escrevê-la-ia em latim, visto que em todos os países há sempre alguém que conheça essa língua. Partindo desta hipótese, o alfabeto estranho foi decifrado ràpidamente.

---

1. Tomado em sua acepção literal, o título é um disparate. Ninguém cruza o zodíaco numa viagem a Marte ou a qualquer outro lugar, pela simples razão de que o zodíaco é uma zona da esfera celeste formada por estrêlas fixas a grandes e variáveis distâncias de nosso sistema solar.

O autor do manuscrito anuncia que, durante o transcurso de experimentos realizados no campo da Física, chegara à conclusão de que deve haver duas formas de gravidade: a normal, que atrai todos os corpos para o centro de um planêta, e uma forma oposta, que tende a repelir os corpos, impelindo-os para fora do planêta. A esta última forma, chamou de *apergia*, e conseguiu, depois de muita dificuldade, isolá-la. Uma vez conseguida a apergia, não houve a menor dificuldade em construir uma nave espacial. Depois de construída e convenientemente testada, a nave foi enviada a Marte, onde pousou; imediatamente, êle travou conhecimento com os marcianos, entes semelhantes aos habitantes da Terra, porém de menor estatura. A altura média das mulheres era de um metro e cinqüenta e dois centímetros (cinco pés), e os homens raramente excediam de um metro e sessenta e cinco centímetros (cêrca de cinco pés e cinco polegadas). Seus captores acham que êle é um dos seus, vindo de uma parte qualquer, distante, do seu próprio planêta, porque não acreditam que um homem possa viajar através dos espaços. A filosofia por êles adotada não sòmente proclama que os mundos estão isolados uns dos outros, como também afirma que os demais planêtas não são habitados.

Mesmo sem conseguir convencer os marcianos da verdade de sua estória, êle é tratado cordialmente como um estrangeiro, é presenteado com uma casa e um harém e levado em visitas de turismo. Todo o trabalho manual é executado por máquinas e por animais semi-inteligentes, criados e adestrados com êsse objetivo; não existem as classes de empregados domésticos e de operários. Marte é dividido em certo número de áreas, cada uma administrada por um governador, e os governadores, por seu lado, são regidos por um soberano absoluto. A filosofia oficial é o ateísmo, e não permite o debate filosófico (mas encoraja as pesquisas no sentido de novas invenções), e cuida de que as crianças jamais conheçam a identidade de seus pais. Os direitos das mulheres se restringem aos pertinentes às condições sociais de seus maridos, mas elas também têm certos deveres, dos quais o mais importante consiste na obrigação de realçar seus encantos naturais por quaisquer meios ao seu alcance.

Embora o manuscrito seja ostensivamente escrito por um engenheiro, muito pouca referência é feita à tecnologia e à engenharia — donde concluímos que Percy Gregg não era um engenheiro. Existe, porém, muita intriga política, porque há uma sociedade secreta, tanto religiosa quanto progressista. Finalmente, estoura uma revolução. Durante a curta batalha, a favorita do homem terrestre é morta, e êle decide retornar à Terra. Se o pouso catastrófico era o pouso da viagem de retôrno de Marte, ou se houve outras viagens entre a inicial e a catástrofe, não foi explicado; evidentemente, Gregg tinha nova estória em mente.

Outra grande novela que se seguiu a respeito do planêta Marte foi publicada em outubro de 1897. Seu autor, Kurd Lasswitz, professor de

Matemática de Gotha, já era bem conhecido nos círculos científicos como autor de vários livros sôbre a história de certas idéias científicas. Sua novela tornou-se um sucesso quase imediato, e Lasswitz, consultando seu diário, declarou aos repórteres que havia iniciado seu livro em novembro de 1895 e terminado em 11 de abril de 1897. Dez anos depois, o livro foi traduzido para o sueco, norueguês, dinamarquês, holandês, espanhol, italiano, tcheco, polonês e húngaro — mas nenhuma tradução em inglês foi jamais publicada.

Quando Lasswitz iniciou sua novela, o protótipo de tais estórias já estava firmemente estabelecido por Júlio Verne (que, incidentalmente, jamais escreveu algo sôbre Marte). Os críticos literários, contudo, relutavam em aceitar os livros de Júlio Verne como "novelas", porque eram estórias de aventuras, onde não havia lugar para romance. (Hollywood ainda se ressente disso.) Na estória de Lasswitz, o romance desempenha papel decisivo; conseqüentemente, a crítica consagrou-a como uma novela. Constituiu, também, uma peça de Literatura, com L maiúsculo. Era intitulada *Auf zwei Planeten (Em Dois Planêtas)*.

Antes de comentarmos a estória, talvez seja útil fazermos um levantamento geral do progresso da ciência no campo das grandes invenções ao tempo em que a estória foi escrita. O avião ainda não tinha sido inventado, embora sete tipos diferentes de aeronaves tivessem sido experimentados. (Verdadeiramente estranho: todos os inventores dessas aeronaves primitivas ou eram franceses ou alemães; nenhuma outra nação contribuiu.) As aeronaves às vêzes experimentavam um sucesso relativo, e às vêzes um resultado desastroso. O telégrafo e o telefone já existiam, e as primeiras "carruagens sem cavalo" estavam na fase experimental. Wilhelm Konrad Roentgen tinha descoberto o raio X dois anos antes. A iluminação elétrica já existia, tanto sob a forma de lâmpada incandescente, inventada por Thomas Alva Edison em 1879, como sob a forma de arco voltaico, anterior ao primeiro. Edison (1889) também foi um dos inventores do cinema, mas desinteressou-se dêle. Heinrich Hertz descobrira o que hoje é chamado de ondas de rádio, ou ondas hertzianas, cêrca de uma dúzia de anos mais cedo. O Professor Augustin Bernard Mouchot na França e John Ericsson (que concebeu e projetou o *Monitor*) nos Estados Unidos trabalharam no problema da conversão dos raios solares em energia útil por meio de refletores, caldeiras e motores a vapor. Os químicos iniciaram a produção de corantes sintéticos e de essências sintéticas utilizadas na alimentação. Lasswitz tinha conhecimento de todos êsses desenvolvimentos; em seu tempo, qualquer pessoa inteligente poderia estar em dia com as descobertas científicas, se lesse oito ou dez jornais científicos por mês. E qualquer um dêsses desenvolvimentos, tão novos na Terra, era narrado no livro de Lasswitz como tendo atingido culminâncias jamais sonhadas e refinamentos incríveis em Marte.

O raciocínio fundamental que servia de base para a estória era tão lógico quanto simples: se os *canali* fôssem admitidos como sendo o resultado de um trabalho de planejamento e engenharia, então os marcianos tinham de ser superiores a nós em certos aspectos, talvez por causa de sua cultura mais antiga. As atividades de construção em larga escala no planêta implicavam em cooperação em larga escala; talvez o planêta inteiro constituísse uma unidade política. Admitindo-se a possibilidade das viagens interplanetárias, lògicamente os marcianos estariam mais adiantados do que nós; em conseqüência, seriam os marcianos que viriam à Terra, em vez de os homens da Terra irem a Marte.

Quando Lasswitz começou sua novela, um explorador sueco, Salomon August Andrée, acabava de tentar a conquista do Pólo Norte, em balão, e Lasswitz serviu-se dêsse motivo para o início de sua estória. Três cientistas — Hugo Torm, um perito em balões, Karl Grunthe, matemático e astrônomo, e o naturalista Josef Saltner — são os membros da expedição, financiada por um milionário e astrônomo amador, um certo Dr. Ell. À medida que o balão se aproxima do Pólo, os exploradores avistam um pequeno mar aberto com várias ilhas irregulares, e finalmente distinguem, num ponto que presumem seja o centro do pólo, uma ilha perfeitamente regular, perfeitamente circular. À medida que se aproximam, torna-se patente que a ilha é artificial e, pelo menos em parte, metálica. Ao mesmo tempo, o balão começa a se desviar da rota em linha reta que vinha mantendo. É envolvido numa espiral ascendente em tôrno da ilha. Em poucos minutos, atinge a altitude de cinco milhas (oito quilômetros), a despeito dos ingentes esforços dos três aeronautas no sentido de abrir a válvula para liberar o gás e perder altitude. Uma fôrça inexplicável de repente impele para cima a barquinha, mais ràpidamente do que o balão, que finalmente a envolve. Os três aeronautas perdem a consciência. Quando Saltner e Grunthe despertam, verificam que se acham na ilha artificial polar, sob a custódia dos marcianos. O terceiro homem, Torm, está desaparecido.

A recuperação dos homens é rápida, mas as suas dificuldades lingüísticas são grandes. Entretanto, dois esquimós, pai e filho, estão vivendo na ilha artificial. Quando os marcianos aportaram à ilha, os esquimós auxiliaram-nos no trabalho pesado — os marcianos, acostumados à fôrça gravitacional de seu próprio planêta, que representa apenas 35 por-cento da gravidade da Terra, acham-se quase ao desamparo em nosso planêta. A filha de um dos engenheiros marcianos aprendeu várias palavras da língua esquimó. O astrônomo Grunthe, por sua vez, aprendeu algumas frases em esquimó, como parte de sua preparação para a expedição ao pólo. Mas o esquimó não é uma linguagem pela qual um astrônomo alemão e um astronauta marciano possam trocar idéias, mesmo que capazes de falar a língua fluentemente. Entrementes, a barquinha do balão foi recuperada, e dentro de uma cesta êles encontraram um pequeno livro de notas, contendo, em

seqüência, palavras em alemão, com seus equivalentes marcianos em caracteres latinos, e depois as mesmas palavras marcianas em escrita marciana. Grunthe reconheceu a letra — era a do Dr. Ell —, e tanto os terrestres quanto os marcianos ficaram intrigados com o fato. Fizeram, porém, bom uso do livro, e depois de algumas semanas já podiam conversar livremente. Os terrestres conseguiram saber, entre outras coisas, por que haviam sido acidentados e quase perdido a vida.

Os marcianos tinham inventado a viagem espacial desde pouco mais de um século. O sucesso dêsses empreendimentos devia-se ao fato de possuírem uma substância imponderável, que por sua vez tornava as demais substâncias também imponderáveis, quando utilizada como blindagem. Em adição, êles eram capazes de variar o grau de imponderabilidade (Lasswitz insinua que a corrente elétrica será capaz disso). Grunthe lembra-se de que uma vez conversara com o Dr. Ell sôbre a possibilidade das viagens interplanetárias, e o Dr. Ell fizera a estranha observação de que o pouso noutro planêta deveria ser feito sempre num dos pólos, "porque não se toma um trem em movimento, mas sim quando êle está parado". Os marcianos haviam realizado, algum tempo atrás, alguns pousos na Terra — nos pólos —, mas verificaram que a sua maravilhosa "substância diabárica" não era a ideal. Tornando suas naves espaciais esféricas do mesmo pêso que o do volume de ar que deslocavam, transformavam-nas, na realidade, em balões. Mas o material se enfraquecia quando aquecido demasiadamente e sujeito a corrosões pela umidade. Jamais ocorrera aos engenheiros marcianos que uma atmosfera poderia ter umidade o suficiente para arruinar uma substância considerada perfeita no espaço.

Enquanto um grupo de pesquisadores se entregava à tarefa de modificar a substância original, a fim de que pudesse suportar temperaturas relativamente altas e não fôsse atacada pela umidade, outro procurava um método que superasse êsses problemas. O método consistia na construção de uma estação espacial acima do pólo, numa distância igual a um diâmetro da Terra, a contar do centro da mesma. A estação seria mantida em seu lugar por meio de fôrças elétricas geradas na ilha artificial diretamente embaixo. A nave espacial esférica deveria aterrar na estação; o contato com a Terra seria feito com uma nave de ligação, que desceria e subiria, pela ação da gravidade ou pela reversão do campo gravitacional, conforme o caso. No momento em que o balão se estivesse aproximando da ilha artificial, o campo gravitacional já teria sido invertido, porque a nave de ligação já estava a caminho da estação espacial. A reversão do campo naturalmente causaria uma corrente de ar ascendente muito pronunciada que, por sua vez, produzia um turbilhão que sorvia tudo quanto estivesse voando nas imediações.

Os homens da Terra aprenderam ràpidamente os princípios da viagem espacial. Neste ponto da narrativa, Lasswitz, que, afinal de contas, era

um matemático, desenvolveu uma perfeita e válida teoria sôbre as viagens espaciais. A única falha consistia na falta da substância que podia ser tornada imponderável.

Uma nave marciana em viagem para Marte, quando partia da estação espacial, tornava-se completamente imponderável no momento prèviamente calculado. Depois a nave se liberava das ações gravitacionais da Terra e do Sol. Naturalmente ainda se estaria deslocando com a velocidade de 18 1/2 milhas por segundo (trinta km), a velocidade de deslocamento da Terra em sua órbita; mas se estaria deslocando numa linha reta, numa linha tangencial à órbita da Terra. Mesmo sem necessidade de que seu comandante manobrasse, a nave interceptaria a órbita de Marte. Se o planêta se achasse perto do ponto de interceptação, o comando teria simplesmente de tornar sua nave "pesada", para ser atraída pelo planêta. Mas isso faria as viagens muito lentas e ainda as limitaria a determinadas épocas, ou seja, quando os dois planêtas se encontrassem nas posições relativas necessárias para a operação. Os marcianos, em conseqüência, inventaram um método de dirigibilidade, utilizando o princípio da reação — isto é, o princípio do foguete. Mas, de início, o método consistia na utilização de pedaços de matéria sólida pesando duzentas libras (100 kg), ejetados a várias velocidades, dependendo da necessidade. Era um modo perigoso de viajar, e sòmente um pouco antes de Saltner e Grunthe terem chegado à estação espacial foi que um cientista marciano conseguira produzir um empuxo de alguns minutos. As viagens espaciais ainda eram uma empreitada difícil para êles, mas feita com segurança.

À medida que ia aprendendo tudo isto, Saltner se tornava cada vez mais entusiasmado; êle era um otimista idealista. Além disso, apaixonou-se por La, a garôta que lhe ensinou as primeiras palavras marcianas. Grunthe, por outro lado, mostrava-se cada vez mais preocupado. Essas descargas para mudar o rumo das naves espaciais — uma delas, disparada com tôda a sua potência — poderiam destruir uma cidade grande. É verdade que os marcianos eram não sòmente superiores, mas estritamente devotados aos princípios da ética, e se proclamavam entes de boa vontade. Porém, Grunthe lembra-se do que aconteceu com as populações nativas visitadas por homens de princípios cristãos e boa vontade, especialmente quando os nativos possuíam alguma coisa de valor para os visitantes. E êle já sabia que a Terra *era* de valor para os marcianos. Os marcianos já podiam converter uma forma de energia para outra, com cem por-cento de eficiência. Podiam converter calor em luz, luz em eletricidade, eletricidade em fôrça gravitacional — "a gravitação é uma forma de onda a uma velocidade um milhão de vêzes maior do que a velocidade das ondas de luz" —, a energia básica que utilizavam era a energia radiante vinda do Sol. E, metro quadrado por metro quadrado, a Terra recebe cêrca de três vêzes mais energia do Sol do que Marte. Ambos esperam ser convidados para ir a Marte. Saltner

está encantado, mas Grunthe quer ir à Europa advertir os governantes de que os marcianos não apenas alcançaram a Terra, mas também estabeleceram aqui uma base de operações.

A fim de estar preparado para escrever o relatório que pretende fazer chegar às mãos dos governantes das grandes potências da Terra, Grunthe estuda os marcianos com grande interêsse e a maior suspeita. Aparentemente, diferem muito pouco dos europeus do norte. São mais ou menos da mesma estatura e têm a pele clara, que não se bronzeia fàcilmente. Seus cabelos apresentam forte tendência para o claro, de tal maneira que parecem brancos aos habitantes da Terra; por exemplo, o matiz mais profundo dos cabelos de La lembra a coloração das pétalas de rosa amarela. No escuro, seus cabelos parecem apresentar o fenômeno da luminescência. Em contraste, seus olhos são bem escuros e grandes, permitindo-lhe enxergar a uma luz considerada obscura para o homem terrestre. Certamente, os marcianos enviados à Terra são considerados espécies superiores em inteligência e educação; em Marte existem criaturas relativamente estúpidas, e mesmo algumas classes (antigas tribos) dedicadas ao trabalho manual, como os mineiros. Mas todos foram educados na filosofia de Imm; ações criminosas são uma impossibilidade psicológica. Ainda resta, porém, uma pergunta: considerarão êles os habitantes da Terra como iguais?

Suas realizações científicas são coisas que Grunthe pode aprender, embora nem sempre as compreenda. Que a estação espacial, por meio de pequenos elementos planos afixados nos lados externos, pode receber energia solar e convertê-la em fôrça garvitacional capaz de atuar em qualquer direção, era coisa que conseguia aprender. Que êles podiam modificar as moléculas da maneira que quisessem (por exemplo, o saboroso alimento marciano era confeccionado diretamente dos elementos encontrados nas rochas, na água e no ar) era algo que êle podia entender, embora não estivesse familiarizado com tôdas as fases do processo. Que êles produzissem um poderoso empuxo num foguete, aparentemente do nada, era qualquer coisa que Grunthe podia sòmente aprender. Como êles calculam uma viagem da Terra a Marte, e como manobram a nave espacial, é uma coisa que êle pode entender. Que êles projetem uma fotografia vista por um telescópio numa tela branca, e enquanto isso, aumentem a intensidade do comprimento de onda de maneira tal que mesmo uma fotografia grandemente ampliada retenha seus contrastes originais, é algo que Grunthe acha-se a pique de aprender e de compreender.

Uma nova nave espacial acabara de chegar, trazendo o convite aos homens terrestres para irem a Marte. Grunthe recusa, perturbando a harmonia do grupo. A nave espacial trouxe algo mais — uma aeronave pequena, aerodinâmica, construída com substância "adiabárica", que não sofre a ação do calor e da umidade. E seu motor a jato permite à aeronave uma velocidade de seiscentas milhas por hora (960 km).

Devido à impossibilidade psicológica de os marcianos não levarem em conta a decisão de Grunthe de regressar, concordam em transportá-lo em uma das suas aeronaves novas, revelando, dessa maneira, sua presença na Terra, apesar de preferirem fazê-lo um pouco mais tarde. A aeronave aterrou na residência do Dr. Ell, na Alemanha Central, depois de um vôo de seis horas, decolando do Pólo, e aquilo de que Grunthe e os marcianos desconfiavam em silêncio revelou-se uma verdade: é possível o nascimento de híbridos. Ell é o filho de um dos primeiros astronautas marcianos, ficado na Terra devido ao mau tempo na Antártida. Enquanto isso, surgiu o primeiro mal-entendido sério entre marcianos e terrestres. Como o pára-quedas que estava na barquinha do balão tinha desaparecido, supunha-se que o terceiro passageiro, Torm, utilizando-o, saltara em algum lugar da calota polar, numa tentativa de alcançar uma aldeia esquimó. Em conseqüência, uma pequena aeronave fôra destacada em missão de busca e salvamento, em socorro dos cientistas. Torm não foi encontrado, mas a aeronave descobriu um grupo de desembarque composto de marinheiros britânicos, dos quais dois haviam caído numa fenda de geleira, morrendo ambos. Dois marcianos retiraram os corpos, para verificar se ainda viviam. Os marinheiros acusaram os marcianos de terem morto os dois, e levaram-nos prisioneiros.

A nave que transportou Grunthe para a Alemanha regressou ao Pólo com o Dr. Ell e a Sr.ª Torm. Durante a viagem, as visitantes espaciais libertaram os prisioneiros marcianos, depois de uma curta batalha, sem derramamento de sangue. Dispararam seus motores a reação em volta do navio, produzindo ondas tão gigantescas que o comandante resolveu, relutantemente, entregar os prisioneiros, a fim de salvar o navio já danificado. Em seguida, à aproximação do inverno ártico, o grupo retornou a Marte na última nave espacial, levando Saltner como convidado do govêrno federal dos estados marcianos.

Em Marte, Saltner verifica que os *canali* vistos da Terra realmente existem. São canais providos de uma cobertura para evitar a evaporação da água, no ar permanentemente sêco. Mas os canais cobertos produzem uma vegetação vicejante com árvores altas, e as edificações marcianas acham-se enfileiradas por baixo da vegetação. Paralelamente aos canais estão as auto-estradas, consistindo de largas pistas rolantes. As pistas mais externas se deslocam com a velocidade de 10 pés (cêrca de três metros) por segundo; a velocidade da pista mais próxima é de 10 pés por segundo mais rápida, e assim sucessivamente — e de tal modo que a pista central desenvolve a velocidade de um trem expresso. Os pedestres podem deslocar-se pela pista externa, simplesmente ficando de pé, parados, na pista, porém o meio normal de transporte consiste em pequenos automóveis elétricos que se deslocam sôbre as pistas rolantes, mas que possuem um raio de ação de cêrca de cem milhas, quando utilizam seus motores em viagens fora das pistas. Pode-se também

viajar alugando cabinas-dormitórios móveis mobiliadas. Uma moeda de ouro é suficiente para alugar tais cabinas por um dia, com direito a ser transportado para qualquer lugar de Marte. O viajante insere o enderêço aonde deseja ir, numa abertura apropriada, e uma organização eficiente, que "classifica as cabinas da mesma maneira pela qual nossos carteiros classificam as cartas", faz o resto. Realmente, tôdas as residências dos marcianos são construídas de tal maneira que podem ser transportadas na pista rolante; quando um marciano se muda, muda-se com a sua residência.

Mas Saltner ainda se surpreende com algo mais. Quando os marcianos se achavam na Terra, parecia a Saltner que se tratava de uma fôrça unificada. Todavia, verifica que os marcianos não só se compõem de 154 estados independentes, como também que há partidos políticos em violento desacôrdo. Para sua surprêsa, os marcianos se orgulham de suas divergências, e a linguagem que Saltner supôs ser uniforme revela-se uma língua interestadual que todos falam e escrevem; no entanto, cada estado, e mesmo os grandes clãs, tem sua própria língua. Todos os marcianos são obrigados a ler, diàriamente, dois jornais editados por duas facções políticas opostas, e Saltner, lendo um dêles, encontra artigos violentos de denúncias da Terra, de seus habitantes e todos os seus hábitos e trabalhos. Lentamente, verifica que não existe nem mesmo uma opinião uniforme com respeito às viagens espaciais. Um grande partido vinha-se opondo, e agora salienta que a descoberta de entes tão inferiores como os terrestres prova mais uma vez que todos os gastos com as viagens espaciais foram um desperdício de dinheiro. Outro partido concorda com a afirmação de que os terrestres são inferiores, e acha que isto constitui uma boa razão para lhes impor tributos. Êste partido "anti-humano" descreve com tintas coloridas as riquezas que advirão da exploração da Terra. O terceiro grande partido era aquêle cujas doutrinas Saltner aprendera no Pólo e julgava serem universais; são os que desejam compartilhar com os terrestres todos os seus conhecimentos. Constituem a maioria, mas apenas por pequena margem.

Saltner, então, tendo penetrado, inadvertidamente, em território proibido, verificou algo que quase o leva a concordar com Grunthe; os marcianos estão aperfeiçoando armas secretas. O reencontro com o vaso de guerra britânico convenceu até os marcianos mais pró-humanos de que os belicosos homens terrestres podem utilizar suas armas num arroubo de patriotismo mal-orientado, ou simplesmente pela fôrça do hábito. Por essa razão, os marcianos trataram de se tornar invulneráveis. Como preparação, primeiro construíram armas de fogo, incluindo as armas navais mais pesadas, e em seguida disparando-as contra uma das suas próprias aeronaves, que se acha estacionada no solo. Já sabiam ser possível criar um campo de tensão. Agora o fazem, e êsse campo não sòmente impede todos os movimentos, mas também destrói tôdas as matérias; nada pode tocar uma nave envolvida por êsse campo de "anulação".

Por enquanto, tudo parece ir muito bem, porque o Dr. Ell consegue convencer os marcianos encarregados da "retrospectiva" a procurarem a cena de encontro dos inglêses com os marcianos. A "retrospectiva" é baseada no princípio de que as ondas gravitacionais viajam um milhão de vêzes mais ràpidamente que a luz; por conseguinte, êles podem retomar as ondas de luz, e tudo que já se passou pode ser reconstituído. O instrumento vem sendo utilizado para pesquisas históricas; agora será utilizado para fins políticos. A reconstituição do encontro prova que êle foi fruto de um mal-entendido.

Os incidentes vão-se, porém, acumulando. Os marcianos vêm negociando com tôdas as grandes potências da Terra sôbre a possibilidade de treinar os humanos para a sobrevivência em Marte. Mas aí a Inglaterra recebe ordem de punir o capitão do navio que manteve os dois marcianos prisioneiros. A Inglaterra recusa. Marte envia um ultimato. A Inglaterra se nega a obedecê-lo, e fere-se a Batalha de Portsmouth. As aeronaves marcianas, providas de campo de anulação a tôda potência, acometem a pôpa de um navio de guerra, dissolvendo a blindagem, o leme e as hélices, e finalmente pondo fora de combate alguns canhões blindados, para mostrar do que êles são capazes. A Inglaterra tem de capitular, e é declarada área sob a proteção de Marte. A outra grande potência, que prometera manter-se neutra, torna-se a herdeira do Império Britânico. Os domínios declaram-se Estados independentes, e as outras colônias são anexadas pelos seus vizinhos coloniais. Mas tudo isso gera disputa, e os humanos apelam para suas armas.

Cresce agora o número de marcianos convencidos de que os homens não são "pessoas", e êsse número constitui maioria. Êles declaram que a Terra inteira acha-se sob a proteção de Marte. Todos os exércitos devem ser reduzidos a cinco por-cento de seu efetivo atual.

Os alemães não querem ceder, e ordenam uma exibição militar em grande escala, todos devendo aparecer com uniforme de parada, e com os botões, botas e armas convenientemente polidos — no intuito primordial de mostrar que os alemães prezam suas próprias tradições. Uma aeronave marciana surge por cima da parada, exibindo uma outra arma: um ímã gigantesco, de incrível potência. O ímã arranca os rifles das mãos dos soldados, joga a artilharia para o ar, e derruba todos os cavalos, por causa das suas ferraduras de metal. As armas são destruídas pelo campo de anulação, o Exército Alemão é humilhado, e a educação da humanidade começa. Tôdas as antigas guarnições militares se transformam em escolas para adultos. O comparecimento é obrigatório, por um mínimo de duas horas semanais, porém os alunos recebem meio dólar para cada hora de comparecimento. Apesar de o protetorado ter sido declarado para tôda a Terra, os marcianos concentram-se na Europa Ocidental, porque é pequena e densa-

mente povoada, e seu povo desfruta o mais alto nível de educação. Os marcianos se descuidam da Rússia, porque noventa por-cento do povo não possui a mais elementar educação. E nem ao menos se preocupam com os Estados Unidos — muito grande e muito individualista.

Evidentemente as coisas estão indo de mal a pior. Mesmo os marcianos bem intencionados se mostram irritáveis e autocráticos; não conseguem manter-se razoáveis numa atmosfera tão úmida quanto a nossa. E também se mostram irritados com o odor e os hábitos dos animais domésticos. Introduzindo seus automóveis, os marcianos livram a cidade dos cavalos, porém os humanos conseguem impedir por meio de subterfúgios, a sentença sumária de morte para todos os cães. A intenção de um marciano, Capitão Oss, de depopular a Terra, por meio de uma parada brusca do movimento de rotação, é encarada com horror por grande número de marcianos. La, que nesse meio-tempo se casara com Saltner, facilita aos terrestres a construção de aeronaves — uma cópia de sua aeronave particular. A produção é levada a cabo, secretamente, nos Estados Unidos.

Na posse de uma esquadra aérea suficientemente grande, os americanos provocam uma ruptura nas relações com os marcianos. Enquanto êstes se mantêm atarefados na ocupação de Washington e de tôdas as capitais dos Estados, suas próprias aeronaves — os marcianos, evidentemente, julgam que são suas — ocupam a ilha polar e a estação espacial, forçando uma paz justa e duradoura entre os dois planêtas, com os mesmos direitos tanto para os humanos quanto para os marcianos. E assim a estória termina.

É fácil verificar por que essa novela obteve tanto sucesso em seu tempo. Se partirmos da hipótese de que os marcianos são tecnològicamente avançados, justamente isso seria provável que acontecesse — êles viriam à Terra. E, mesmo que tivessem boa vontade, seriam fatalmente contaminados pela nossa reconhecida insensatez.

Apenas um ano antes (1898) apareceu *A Guerra dos Mundos* (*The War of the Worlds*), de H. G. Wells. Wells jamais admitiu que os marcianos fôssem entes de boa vontade, e sua novela ainda aterrorizou centenas de milhares de americanos, quarenta anos depois, quando adaptada e radiofonizada por Orson Welles.

H. G. Wells preparou cuidadosamente um cenário de fundo para sua novela, na primeira página do capítulo primeiro:

"A atmosfera de Marte é muito mais atenuada do que a nossa, seus mares se retraíram, cobrindo agora nada mais do que um têrço de sua superfície, e, à medida que suas longas estações variam, formam-se imensas calotas polares, que se fundem, em ambos os pólos, inundando periòdicamente as zonas temperadas. Êste último estádio de exaustão do planêta, que para nós ainda é incrìvelmente remoto, tornou-se um problema imediato para os habitantes de Marte. A pressão imediata das necessidades tem de-

senvolvido seus intelectos, ampliado suas capacidades e endurecido seus corações. E, investigando o espaço com instrumentos e conhecimentos jamais sonhados por nós, êles observam, à distância mais próxima dêles, 35 milhões de milhas, uma estrêla da esperança, nosso próprio e môrno planêta, verde de vegetação e cinzento de água, com uma atmosfera cheia de nuvens, prova eloqüente de fertilidade, e, em rápidas aparições entre flocos de nuvens flutuantes, vêem largas faixas de países populosos e mares estreitos coalhados de navios."

Wells continua narrando que, "durante a oposição de 1894, uma luz intensa foi vista na parte iluminada do disco, primeiro no Observatório Lick e depois por Perrotin, de Nice"... "...estou inclinado a acreditar que o fulgor foi produzido durante a fundição de um canhão gigantesco..." Devemos salientar aqui que Jules Perrotin, de Nice, era na realidade um astrônomo francês que se especializara em observações de Marte; os demais nomes mencionados posteriormente na novela eram fictícios.

A estória prossegue: durante a oposição seguinte, alguma coisa foi vista que lembrava aos observadores o cano de um enorme canhão. Por dez noites, foram avistados brilhantes jatos de luz. O narrador conta como viu um dêsses jatos de luz, em companhia de um astrônomo que "estava cheio de teorias aquela noite sôbre as condições de Marte, e escarnecia da idéia vulgar de que habitantes de Marte estavam tentando enviar-nos sinais. Achava que uma chuva pesada de meteoritos estaria caindo no planêta ou que uma tremenda explosão vulcânica se achava em curso".

Seis anos depois, o primeiro de uma série de dez projéteis gigantescos caiu na Inglaterra, não longe de Londres. Um homem da vizinhança, que o viu cair, foi procurar o suspeito "meteorito" e o encontrou numa cratera produzida pelo impacto. "A parte que se achava fora da cratera tinha a aparência de grande cilindro, abaulado no tôpo e com seus contornos suavizados por uma incrustação escamosa espêssa, de côr pardacenta. O diâmetro era de cêrca de 30 metros." Débeis ruídos que pareciam vir do interior do cilindro foram explicados como sendo causados pelo resfriamento desigual. Em seguida, a incrustação cineriforme começou a desprender-se na altura da base, não deixando nenhuma dúvida de que a base do cilindro estava sendo desparafusada. Na tarde seguinte, na presença de muitos espectadores, o cilindro desprendeu-se totalmente.

"Acho que todos esperavam ver um homem emergir — possìvelmente algo um pouco diferente de nós, homens terrestres, porém essencialmente um homem. Sei que o pensei. Mas, olhando, eu vi logo alguma coisa se mexendo na sombra: movimentos ondulados, acinzentados, uns após outros, e depois dois discos luminosos — como olhos. A seguir algo lembrando uma pequena serpente cinzenta, da grossura de uma bengala, enrodilhou-se e serpenteou no ar em minha direção — e depois outro... Uma massa

volumosa, arredondada e acinzentada, do tamanho, talvez, de um urso, levantou-se lenta e penosamente de dentro do cilindro. Quando emergiu e recebeu a luz, brilhou como um couro molhado. Dois grandes olhos negros observavam-me firmemente..."

Embora todos estivessem convencidos, agora, de que os sêres do cilindro eram marcianos, ninguém estava preocupado. Em primeiro lugar, não havia razão para supor que os marcianos fôssem hostis. Em segundo, todos poderiam ver claramente que estariam desamparados, em virtude da gravidade terrestre. Evidentemente, o próximo passo, depois que os marcianos tivessem descansado convenientemente, seria tentar estabelecer comunicação.

Mas os marcianos começaram quase imediatamente a lançar raios de calor sôbre os espectadores, incendiando tudo o que era madeira e destruindo tôdas as casas ao alcance dos raios. Algumas pequenas unidades militares enviadas ao local foram eliminadas até o último homem; os raios de calor faziam explodir as munições. Quando fôrças militares mais substanciais foram mobilizadas, os marcianos já não estavam desamparados; estavam sentados numas conchas, no tôpo de tripés que se deslocavam, e de trinta metros de altura. Tentáculos mecânicos eram munidos de geradores de raios de calor e recipientes tipo conta-gotas, cheios de gás venenoso. Muito embora uma dessas máquinas de guerra marciana tenha sido derrubada pelo tiro feliz de um canhão que disparava projéteis de seis quilos, os humanos são derrotados em todos os lugares, e a maioria das pessoas, em pânico, contribui grandemente para a destruição. Outra máquina marciana é destruída pelo ataque-suicida de um vaso de guerra, porém os marcianos estão virtualmente vitoriosos. Tôdas as noites cai um cilindro, para reforçar os marcianos.

O narrador, por acaso, acha-se escondido numa casa parcialmente destruída por um cilindro, e assim tem a oportunidade de observar um marciano bem de perto. Em adição às máquinas altas de combate, os marcianos também trouxeram outro tipo, a que os inglêses chamam, mais tarde, "máquina de manobra". A máquina tem a aparência de enorme caranguejo, com uma multidão de implementos, sendo capaz de executar grande número de tarefas, quando dirigida por um marciano.

Wells empenhou-se a fundo para tornar os marcianos o mais diferente possível de quaisquer formas de vida terrestre:

"Êles eram enormes corpos redondos — ou melhor, cabeças —, de cêrca de quatro pés (1,20m) de diâmetro, tendo cada corpo uma face. A face não possuía narinas — realmente, os marcianos não pareciam dotados do sentido do olfato —, mas possuía um par de grandes olhos negros, e imediatamente abaixo dêles uma espécie de bico carnoso... Em volta da bôca havia dezesseis tentáculos delgados, quase como chicotes, arrumados em dois grupos de oito cada... Mesmo ao ver os marcianos pela primeira vez, êles lhe pareciam tentar erguer-se apoiados nos tentáculos, mas...

com o pêso aumentado pela gravidade terrestre, a tentativa tornava-se infrutífera. Há razões para acreditar que em Marte êles conseguiam fazê-lo com alguma facilidade... A anatomia interna... como pôde ser verificado pela dissecação, era quase igualmente simples. A maior parte da estrutura consistia do cérebro, que enviava enormes nervos para os olhos, ouvidos e tentáculos tácteis. Além disso, havia os pulmões volumosos, onde se abria a bôca, e o coração e os vasos... todo o complexo aparelho da digestão que compõe a parte mais volumosa de nossos corpos não existe nos marcianos. Êles eram cabeças — apenas cabeças. Não possuíam entranhas. Não comiam, muito menos digeriam. Em vez disso, extraíam o sangue fresco de outras criaturas e o injetavam em suas próprias veias..."

Uma vez que os marcianos necessitavam de sangue humano para seu sustento, não tentaram exterminar os homens terrestres. Apenas se ocuparam com as resistências organizadas e destroçaram as vias de comunicações e de transportes. E fizeram um trabalho completo no Sul da Inglaterra. De repente, suas atividades pararam completamente. Várias máquinas bélicas marcianas estavam paradas em volta de Londres, completamente inertes. Os marcianos estavam mortos em seu interior, tendo sucumbido por infecções causadas por bactérias terrestres. Aparentemente, as moléstias existiram em determinada época, em Marte, mas tinham sido vencidas havia tanto tempo que os marcianos nem mesmo lembravam que tais coisas alguma vez existiram.

Lasswitz e Wells são os dois mais notáveis escritores de ficção sôbre o planêta Marte, na passagem do nosso século. Pràticamente tudo o que foi escrito posteriormente se inspirou num dos dois: ou uma civilização altamente avançada (embora cada autor tivesse sua própria concepção do que representava uma civilização altamente avançada) ou um ajuntamento de ogros e monstros comedores de gente. Outro escritor menos conhecido, o alemão Karl Grunert, merece ser citado; escreveu alguns livros de contos, em tôrno do ano de 1906, e dois dêles, a respeito de invasores marcianos, possuem tramas interessantes. Num, um marciano trabalha como assistente de Percival Lowel, e sua tarefa é destruir os discos astronômicos que capturaram as naves espaciais marcianas. Em outro dêsses contos, um marciano espiona as atividades de uma universidade alemã; torna-se invisível quando veste um manto de bactéria viva, que num instante muda de côr, tomando sempre a coloração do ambiente. Os cientistas prendem-no, utilizando o estratagema de trocar bilhetinhos escritos em latim, que o marciano não compreende.

A torrente de ficção sôbre Marte foi paralisada com a Primeira Guerra Mundial, parcialmente por causa do desvio dos interêsses e parcialmente devido à falta de papel. Porém, quando a guerra terminou, os marcianos foram novamente considerados. Em tôrno de 1900, observaram-se em Marte umas manchas muito brancas e de muito pouca duração. Alguns

astrônomos (e muitos leigos) acharam que elas poderiam ser sinais enviados pelos marcianos; outros apenas ficaram imaginando o que poderiam ser. Tais manchas brilhantes não eram vistas desde muito tempo. Mas, se por acaso havia marcianos inteligentes, com certeza já teriam aperfeiçoado o rádio, e em 1922 uma agência norte-americana solicitou a tôdas as estações que observassem completo silêncio por algum tempo, no dia da oposição, a fim de não interferir com qualquer sinal enviado pelos marcianos, numa tentativa de se comunicar conosco.

A crença numa humanidade marciana ainda era muito forte, como se evidenciou num livro, não muito conhecido, de um escritor russo, o Conde Alexei Tolstoi — parente do mais famoso Leão Tolstoi. Sua novela sôbre Marte, intitulada *Aëlita*, foi publicada no original russo (ainda na ortografia czarista) em Berlim, em 1923; uma tradução alemã apareceu na mesma ocasião. [2] A novela começa de maneira fora do comum, com um jornalista americano lendo certa notícia que diz: "O engenheiro M. S. Los convida todos aquêles que desejam viajar com êle até o planêta Marte, no dia 18 de agôsto, a procurá-lo entre as 18 e as 20 horas em (segue-se o enderêço)."

Enquanto o jornalista anota o enderêço, outro homem, um russo vestido como um soldado que acaba de dar baixa, aproxima-se do quadro de avisos e lê a mesma notícia; os dois começaram a conversar. O russo diz que vai ver o engenheiro; o americano diz que o plano é um absurdo, que o homem deve ser um charlatão. O russo admite que o plano parece um pouco prematuro, mas pondera: "Nunca se sabe." Ambos vão ver o engenheiro (separadamente), primeiro o americano, para uma entrevista, depois o russo, para oferecer seus serviços. O americano acena ao engenheiro com uma remuneração pelas suas memórias e chega até a assinar um cheque como pagamento antecipado. Porém o engenheiro Los fica pesaroso. "É pena que você não venha comigo; ainda não encontrei um companheiro para a viagem." Los já está resignado a partir sòzinho, quando o ex-soldado entra e se oferece. Seu nome é Alexei Ivanovitch Guśsyev, que "freqüentou a escola, possui conhecimentos sôbre automóveis, efetuou vôos em avião como observador, foi soldado durante a guerra, e mais tarde um revolucionário, e agora está na reserva".

O veículo é ovalado, com aproximadamente 30 pés (cêrca de 10 metros) de altura e 20 pés (cêrca de 6,3 metros) de diâmetro na sua parte mais larga. Seus motores são constituídos de poderosos foguetes, tendo como combustível um explosivo nôvo de grande potência.

---

2. Alexei Tolstoi deixou a Rússia em 1917, por causa da Revolução, retornando em 1922, depois de firmado um acôrdo com os bolchevistas. Uma versão reduzida foi editada e publicada na União Soviética, e uma tradução inglêsa foi publicada recentemente pela Casa de Publicação de Línguas Estrangeiras (Foreign Language Publishing House) em Moscou; as citações são do original inglês.

Os dois decolam ao pôr do Sol do dia da oposição, uma vez que o engenheiro Mstislav Sergeyevitch Los espera atingir Marte em pouco mais de 10 horas. (A ciência em *Aëlita* é em geral deficiente, nem ao menos é a do nível atingido em 1923.) Fizeram um pouso um tanto acidentado, e deixaram a nave para explorar o planêta:

> "Descalçaram suas botas de fêltro e tiraram os casacos forrados de pele. Gussyev pôs seu revólver no cinto (só por precaução), sorriu à socapa e escancarou a porta... O ar era rarefeito e sêco. A nave espacial se achava pousada numa planície de côr alaranjada. O horizonte estava muito perto — quase podiam tocá-lo. Havia grandes fendas no terreno. O chão era encoberto de grandes cactos, semelhantes a grandes candelabros de duas velas, e que projetavam sombras púrpuras no solo. Um vento sêco soprava."

Caminharam por um deserto árido, encontrando de vez em quando lagartos e enormes aranhas "como as que vivem sòmente no fundo dos oceanos da Terra". Avistam o que parecia um grande pássaro, mas que na realidade é uma espécie de máquina voadora, dirigida por um velho, muito débil e muito magro, com cabelos brancos e semblante azul.

Mais tarde os dois viajantes são conduzidos à cidade, talvez a única cidade em Marte. Os marcianos possuem aviões de vários tipos e um sistema de telefone provido de receptores de televisão conjugados aos aparelhos; em suma, uma tecnologia avançada, mas que constitui um remanescente do passado.

Suas vidas estão emaranhadas numa religião que também é um remanescente do passado. A estória tende a se tornar tediosa, ainda mesmo na primeira parte; e vai-se arrastando com a ajuda cômica das observações de Gussyev, às vêzes ingênua, às vêzes agudamente penetrante, e pelas suas fanfarronices a respeito de seus atos de heroísmo militar. Êle também está encarando a hipótese de iniciar uma revolução e retornar à Terra com um acôrdo firmado, pelo qual Marte se tornaria uma das repúblicas da União Soviética.

Em seguida, êles conhecem Aëlita, a filha do autócrata. "Los observa que Aëlita é da altura de seus ombros, gentil e etérea como as flôres da dulcamara * que ela lhe mandara pela manhã." Auxiliados por um aparelho que torna visíveis os pensamentos concentrados — Los se concentra nos edifícios de Leningrado, na barragem do Rio Neva e noutras coisas, ao passo que Gussyev mostra cenas de batalha —, iniciam suas aulas de língua. Finalmente, Aëlita torna-se capaz de contar a Los a História de Marte: como havia várias tribos de matizes diferentes, tôdas varonis, que pelejaram,

---

* Planta medicinal da família das Solanáceas, vulgarmente conhecida por doce-amargo ou uva-de-cão. (Nota do tradutor.)

uniram-se, instruíram-se e finalmente construíram uma civilização — mas não ainda uma civilização tecnológica. Depois, os invasores da Terra chegaram, os Magatsitls, procurando refúgio, porque sua cidade, Atlântida, começara a se desagregar. Os Magatsitls

> "seqüestraram as virgens dos Aols (os habitantes originais) e geraram a tribo da montanha azul. E começaram a construir os 16 reservatórios gigantes de Ro para coletar as águas que fluem das calotas polares durante o degêlo. As planícies estéreis eram cortadas de canais e irrigadas... Depois, as muralhas de Soatsera (a cidade) foram construídas. Os Magatsitls empregaram guindastes gigantescos, operados por mecanismos maravilhosos. Seus conhecimentos tornaram-nos capazes de deslocar enormes pedras e estimular o crescimento das plantas. Registraram seus conhecimentos em livros com marcas coloridas e figuras estreladas.
>
> "Quando o último homem da Terra morreu, os conhecimentos morreram com êle. Sòmente vinte mil anos depois foi que nós, os descendentes da tribo da montanha, aprendemos a decifrar os livros misteriosos dos atlantes."

O pai de Aëlita está convencido de que seu govêrno será a última era da civilização de Marte, e deseja torná-lo a "era de ouro". Mas seus súditos se revoltam, sem um propósito definido, Gussyev, naturalmente, deseja transformar a revolução desorganizada numa ao estilo russo, e quase é morto durante a luta. A revolta é sufocada, e os dois homens terrestres procuram refúgio em sua nave espacial, escapando por pouco. Meio mortos, pousam finalmente perto do Lago Michigan, onde são hospitalizados, recuperam a saúde e retornam a seus lares.

Um exame retrospectivo dessas principais novelas sôbre Marte revela-nos por que os livros de Lasswitz e Wells foram muito bem recebidos. Ambos constituem extrapolações lógicas da crença em habitantes de Marte providos de inteligência. Um dêles é um livro otimista, e o outro pessimista, refletindo a personalidade dos autores. Torna-se muito difícil comprender por que *Aëlita* foi aclamado como um grande livro. Apesar de vários e belos toques poéticos, é um livro sem forma como narrativa, e a lógica do desenvolvimento pode ser posta em dúvida, em várias passagens.

Mas constitui um caso interessante em um aspecto. Não sabemos se Alexei Tolstoi realmente acreditava na existência de marcianos inteligentes e na lenda da Atlântida. Se acreditava, narrou suas crenças numa novela. Se não acreditava, iniciou um movimento, ou seja, a utilização do planêta Marte, pelos autores de ficção científica, como cenário conveniente para suas próprias imaginações. Não importava o que dizia ou pensava a ciência. Marte estava lá e constituía um motivo conhecido de todos.

E agora é tempo de voltarmos à realidade.

2

A Órbita de Marte

Um mosteiro, em alguma parte da Itália, há quinhentos anos. Os estudantes são jovens monges e estão absorvidos numa aula de Astronomia; é parte de seus deveres conhecer tudo o que se sabe sôbre a obra do Quarto Dia da Criação.

"A estrêla vermelha que vemos agora no céu é uma das errantes, os *planêtas*, como os antigos as chamavam. Além do Sol e da Lua, existem cinco errantes, ou seja, Mercúrio, Vênus, Marte, Júpiter e Saturno. Tôdas giram em tôrno da nossa Terra, e nenhuma delas jamais deixa as constelações das estrêlas fixas chamadas zodíaco. Desde que os corpos celestes são perfeitos, êles se movem em órbitas perfeitas, isto é, em círculo, que é a curva perfeita. Tais círculos são chamados *deferentes*. Se seus deveres lhes permitirem observar a passagem do planêta Marte entre as estrêlas fixas, tôdas as noites, vocês verão que Marte se desloca executando grandes curvas num plano vertical. Essas curvas são devidas ao fato de que Marte não se move diretamente ao longo do *deferente*, mas sim ao longo de um pequeno círculo chamado *epiciclo*, e o centro do *epiciclo* se move ao longo do *deferente*..." *(Ver figuras 5 e 6.)*

Demos agora um salto de quinhentos anos e falemos dêsse mesmo fenômeno em linguagem atual. Verificaríamos que o instrutor do passado descreveu os fatos observáveis com bastante propriedade, mas a explicação envolvendo *deferente* e *epiciclo* estava completamente errada.

E, evidentemente, o Sol é o centro do sistema; não a Terra.

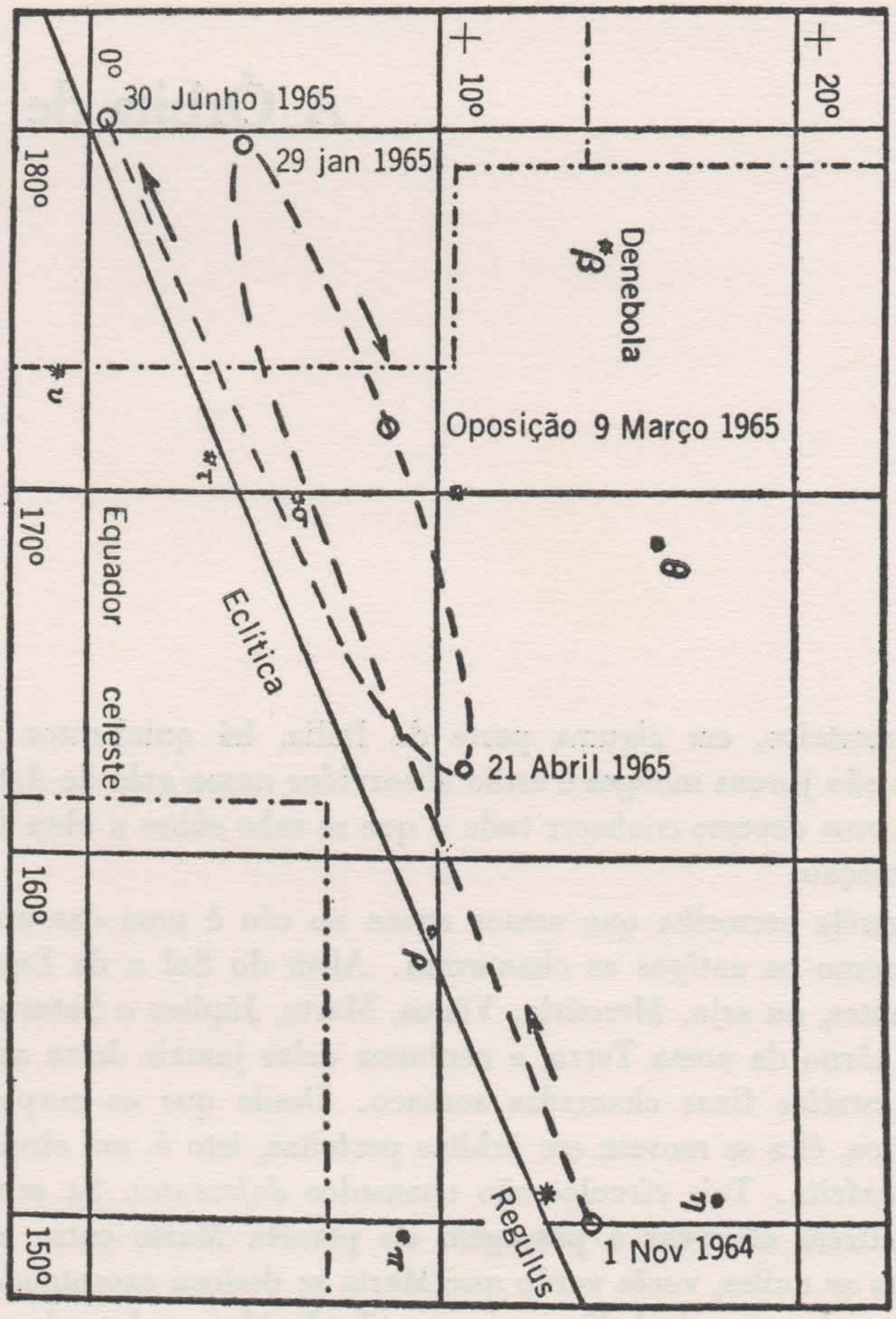


Fig. 4. A passagem de Marte entre as estrêlas fixas, de 1 de novembro de 1964 a 30 de junho de 1965. A área central desta carta é a área da constelação do Leão; as estrêlas maiores desta constelação são indicadas pelas respectivas letras gregas; as linhas compostas de ponto e traço representam os limites das constelações adjacentes.

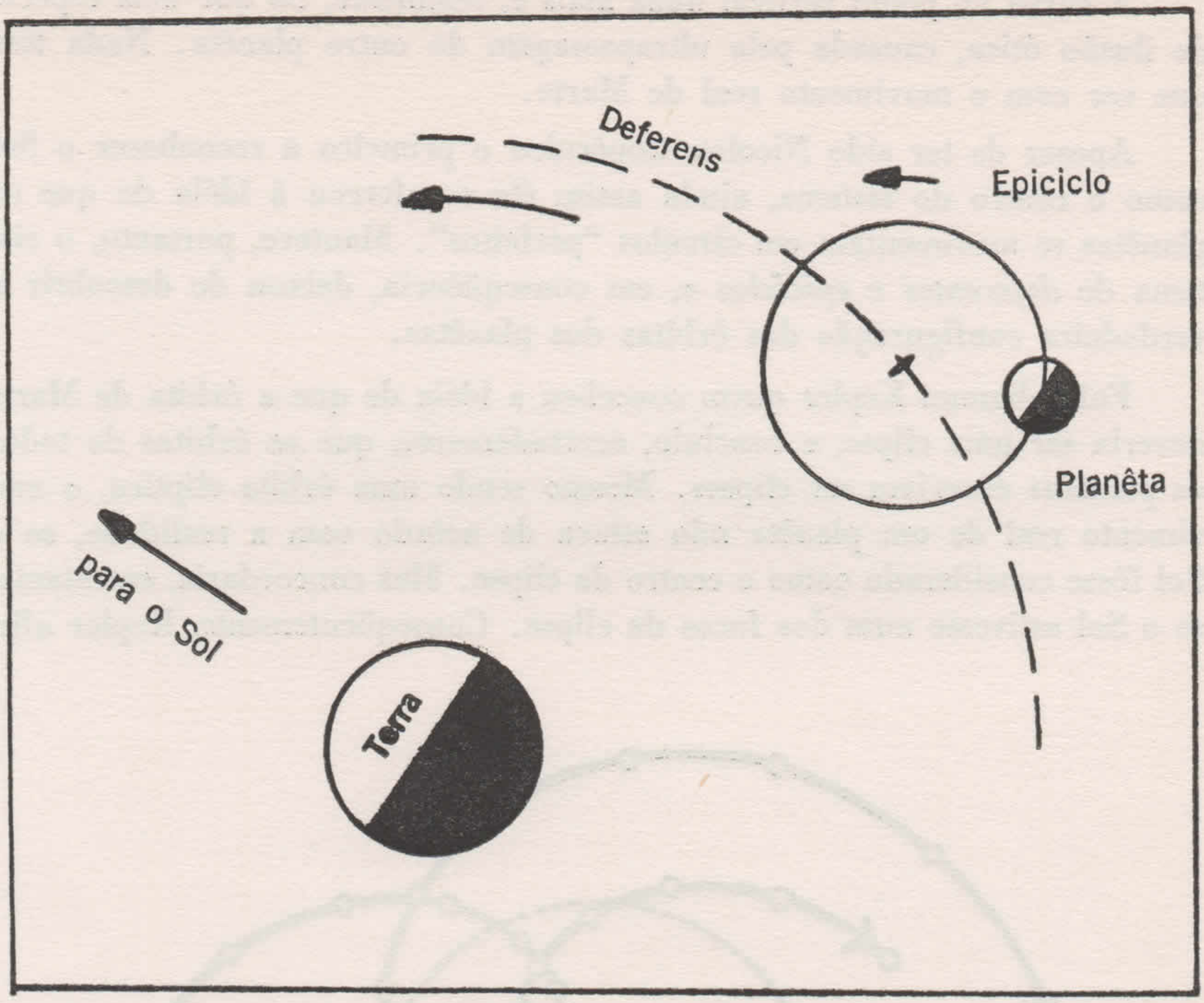


Fig. 5. A chamada teoria ptolomaica do movimento planetário. A Terra está no centro, imóvel, e imovível; os planêtas (e entre êles o Sol e a Lua) deslocam-se em epiciclos com velocidades uniformes, enquanto o centro dos epiciclos se desloca em círculos maiores, também com velocidades uniformes.

A explicação para a aparente curva no plano vertical feita por Marte repousa no fato de que a Terra, estando numa órbita menor, possui maior velocidade orbital. A velocidade de deslocamento da Terra em sua órbita é de 18 1/2 milhas por segundo (cêrca de 30 quilômetros por segundo), ao passo que a de Marte é de 15 milhas por segundo (cêrca de 24 quilômetros por segundo). Se imaginarmos ambos os planêtas num mesmo setor em suas órbitas — visto do Sol —, mas com a Terra atrás de Marte, podemos entender por que as coisas têm a aparência que vemos. Quando a Terra se acha muito afastada para trás, o movimento de Marte parece ser perfeitamente normal. Porém, quando a Terra, mais veloz, começa a alcançar Marte, parece que êste diminui a marcha. Finalmente, um ponto é atingido quando Marte parece parar: usando de uma terminologia técnica, diríamos que Marte se tornou "estacionário". A partir dêste ponto, a Terra passa à frente de Marte, que parece mover-se em direção oposta; diz-se que Marte se tornou "retrógrado". E, quando a Terra está bem longe à frente de Marte, o planêta parece retomar seu movimento normal.

A curva no plano vertical nada mais é, realmente, do que uma espécie de ilusão ótica, causada pela ultrapassagem do outro planêta. Nada tem que ver com o movimento real de Marte.

Apesar de ter sido Nicolau Copérnico o primeiro a reconhecer o Sol como o centro do sistema, ainda assim êle se aferrou à idéia de que os planêtas se movimentam em círculos "perfeitos". Manteve, portanto, o sistema de *deferentes* e *epiciclos* e, em conseqüência, deixou de descobrir a verdadeira configuração das órbitas dos planêtas.

Foi Johannes Kepler quem concebeu a idéia de que a órbita de Marte deveria ser uma elipse, e concluiu, acertadamente, que as órbitas de todos os planêtas deveriam ser elipses. Mesmo sendo uma órbita elíptica, o movimento real de um planêta não estava de acôrdo com a realidade, se o Sol fôsse considerado como o centro da elipse. Mas concordaria, entretanto, se o Sol estivesse num dos focos da elipse. Conseqüentemente, Kepler afir-

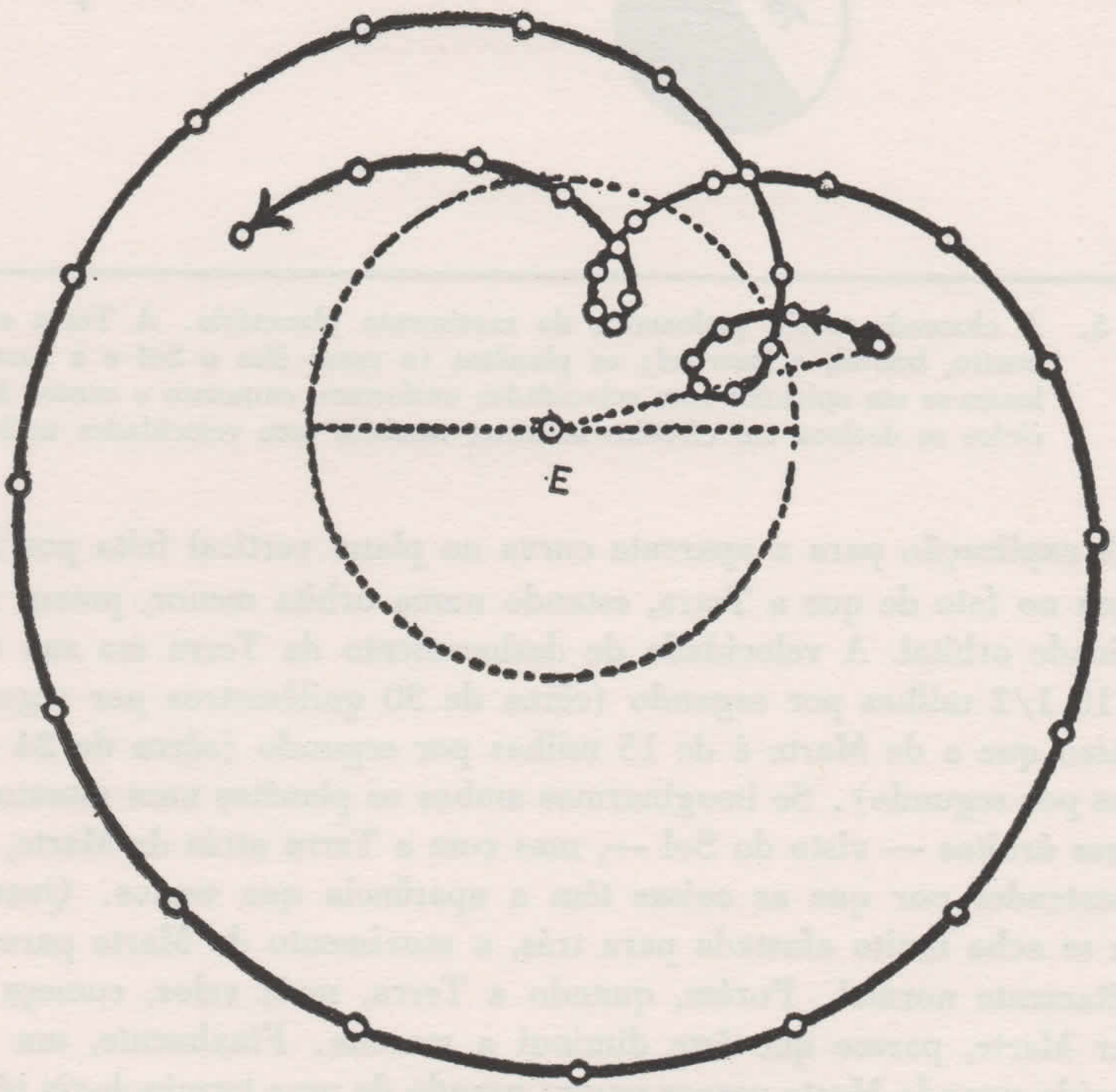


Fig. 6. O movimento de Marte, de 1888 a 1890, como teria sido reconstituído, de acôrdo com as observações realmente feitas, se a Terra (*E*, no desenho) estivesse no centro. O diagrama foi desenhado por um astrônomo alemão em 1894, para provar aos seus alunos que as idéias de Ptolomeu estavam plenamente de acôrdo com o que poderia ser visto.

mou que os planêtas se movem descrevendo órbitas elípticas com o Sol em um dos focos da elipse. Isto constitui a Primeira Lei de Kepler.

Uma vez chegado a esta conclusão, Kepler necessitava de mais alguns têrmos novos. Numa órbita elíptica desta natureza, deveria haver um ponto mais próximo do Sol, e um mais afastado. Utilizando a palavra grega *helios* para o Sol e os prefixos gregos *peri* (próximo) e *apo* (longe), Kepler designou o ponto da órbita em que a distância do Sol é a mínima possível, como *periélio*, e o ponto em que a distância é a maior possível, como *afélio* (*aphelion*).

Kepler, dispondo de milhares de observações cuidadosas feitas por Tycho Brahe como matéria-prima para seu trabalho, verificou clara e ràpidamente que a velocidade de um planêta difere nos dois pontos extremos de sua órbita. Um planêta no afélio desloca-se mais lentamente do que no periélio. Keples concluiu que isso era devido ao fato de que o Sol movimentava, de algum modo, os planêtas; e certamente sua "potência motora" tinha de ser mais fraca a uma distância maior. Acontece que isso foi uma concepção errônea, mas Kepler continuou, procurando um meio de resolver a diferença de velocidade orbital. E então encontrou uma resposta útil e correta. Se traçarmos uma linha do Sol ao planêta — à qual êle chamou "vetor raio" —, verificaremos que a linha cobre áreas iguais em tempos iguais. Note-se que o vetor raio, para um determinado tempo, digamos, 24 horas, cobre a mesma área, qualquer que seja o ponto em que se ache o planêta na sua órbita. A linha não cobre ângulos iguais — ou melhor, cobriria, se a órbita fôsse um círculo perfeito. O movimento do vetor raio é conhecido como a Segunda Lei de Kepler. *(Ver Figura 7.)*

Tudo isto se reveste da maior importância quando se trata de observar o planêta Marte, e, a fim de compreendermos por que isto é tão importante, começaremos por investigar o que aconteceria se a Terra e Marte percorressem órbitas circulares. A chamada "distância média" da Terra ao Sol é de 93 milhões de milhas (cêrca de 150 milhões de quilômetros); a distância média de Marte é de 141 1/2 milhões de milhas (cêrca de 230 milhões de quilômetros). Se a Terra e Marte estiverem ocupando pontos de suas órbitas situados na linha de visada do Sol, a distância entre êles seria òbviamente 141 1/2 menos 93 ou 48 1/2 milhões de milhas (cêrca de 77 milhões de quilômetros). Esta seria a posição em que Marte-Terra-Sol formam uma linha reta, com a Terra no meio. Visto da Terra, Marte e o Sol estariam em posições opostas no firmamento; esta é a razão pela qual chamamos a isso de "oposição". O oposto de uma oposição chama-se "conjunção", e corresponde a um alinhamento Terra-Sol-Marte no espaço. A distância seria então de 93 milhões de milhas (da Terra ao Sol), mais 141 1/2 milhões de milhas (do Sol a Marte), perfazendo um total de 234 1/2 milhões de milhas (cêrca de 375,2 milhões de quilômetros).

Porém, ambas as órbitas são elípticas. No caso da órbita da Terra, o desvio é mínimo; o periélio da Terra é da ordem de 91 1/2 milhões de milhas (cêrca de 147 milhões de quilômetros) do Sol, ao passo que o afélio é de 94 1/2 milhões de milhas (cêrca de 151 milhões de quilômetros). A grande diferença é devida à elipticidade da órbita de Marte. Sua distância do Sol no periélio é de 128 milhões de mlhas (cêrca de duzentos e três milhões de quilômetros), e no afélio é de 154,1 milhões de milhas (cêrca de 245 milhões de quilômetros). Isso significa que a distância entre a Terra e Marte é de 61,5 milhões de milhas (cêrca de 98 milhões de quilômetros), se a oposição ocorrer com Marte no afélio.

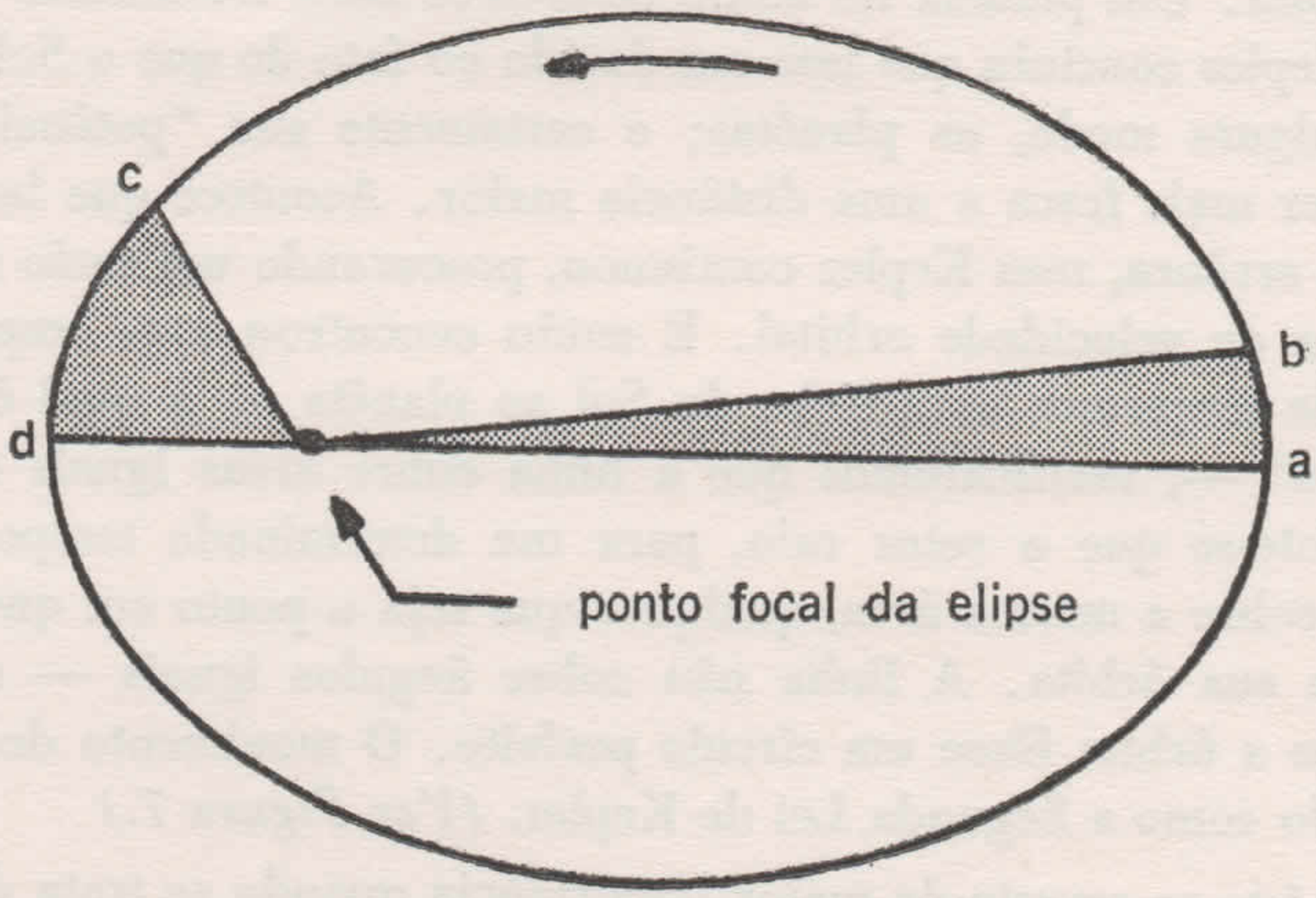


Fig. 7. Segunda Lei de Kepler, também chamada "das áreas iguais". Um corpo se deslocando numa órbita elíptica em tôrno do Sol levaria o mesmo tempo para se deslocar de A para B e de C para D. As duas áreas sombreadas são iguais.

Mas a distância é ligeiramente menor do que 35 milhões de milhas, se a oposição ocorrer com Marte no periélio. [1] Podemos concluir ràpidamente que, para efeitos de observação, uma oposição com Marte no periélio é sem dúvida preferível a uma oposição no afélio, embora esta última não deva ser negligenciada, em vista do que será explicado mais tarde.

---

1. Pode-se argumentar que 35 milhões de milhas mais 26,1 milhões de milhas somam apenas 61,1 milhões de milhas, e não 61,5 milhões de milhas. Mas convém lembrar que a órbita da Terra não é completamente circular; é a verdadeira distância da Terra ao Sol a responsável pelas 400 000 milhas extras.

Vamos, contudo, esquecer que existem algumas oposições superiores a outras, e indaguemos quanto tempo decorre entre duas oposições. E, como necessitamos de um ponto de partida arbitrário para encontrá-lo, suponhamos uma oposição com Marte no periélio; consideremos a data como sendo o fim de agôsto daquele ano, porque, como poderemos ver na Figura 8, a Terra cruza a linha do Sol ao periélio de Marte todos os anos nesta época. Um ano depois, ou mais precisamente, 365 dias e 1/4, a Terra cruza êste ponto de nôvo. Porém, Marte necessita de 687 dias terrestres para retornar ao periélio. Assim, ainda tem 321 dias e 3/4 para se deslocar, quase um ano terrestre. Durante êsse tempo, a Terra quase completa outra órbita em tôrno do Sol; quando Marte passa por seu periélio pela segunda vez a Terra está 365 dias e 1/4 menos 43 1/2 dias retardada. Nos 43 1/2 dias que a Terra leva para cruzar a linha Sol—periélio de Marte, o planêta Marte também se desloca, e continua deslocando-se. Para alcançá-lo, e assim produzir outra oposição, a Terra leva outros 49 1/2 dias ou, arre-

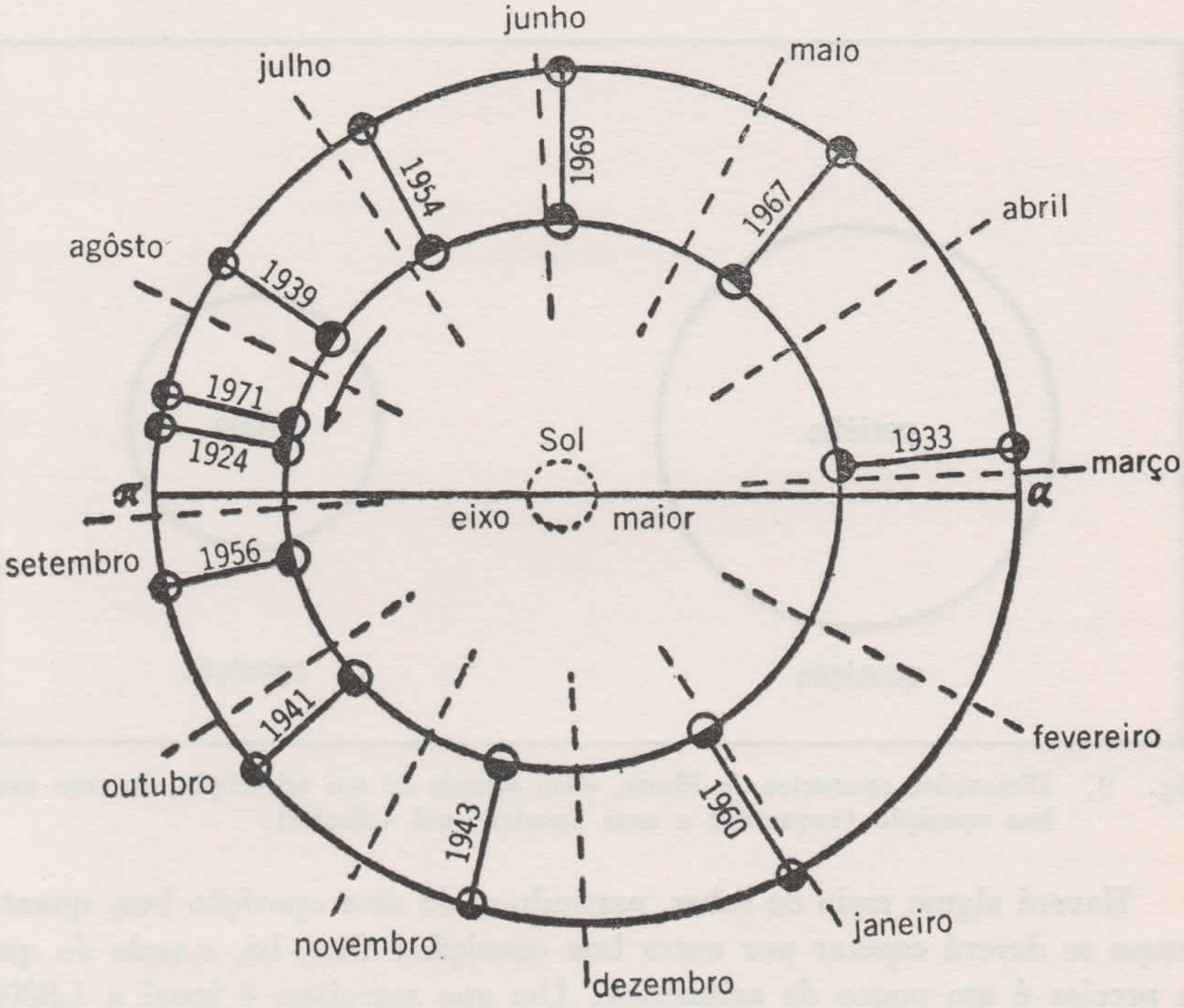


Fig. 8. Algumas oposições de Marte. No diagrama, as órbitas da Terra e de Marte estão representadas na mesma escala, bem como as oposições de ambos os planêtas durante certo número de oposições recentes e futuras. A linha tracejada indica 1 de março, 1 de abril etc., mostrando a posição da Terra em sua órbita naqueles dias.

dondando, outras sete semanas. A segunda oposição, então, ocorre dois anos e sete semanas depois da primeira, cêrca de 49 graus de arco além do ponto periélico.

E porque ambos os planêtas viajam algo mais rápido nos setores periélicos de suas órbitas, e algo mais lento nos setores afélicos, dois anos e sete semanas expressam um têrmo médio. Expressa em dias, esta média representa 780 dias; o valor real pode variar de 761 dias, que representa o menor tempo possível entre oposições, a 805 dias, o mais longo intervalo. A data real da próxima oposição, portanto, deve ser calculada em cada caso. Na página 50 a relação das oposições de Marte de 1937 a 1975 foi baseada em cálculos precisos; ela mostra claramente como uma boa oposição é seguida por oposições sucessivamente piores, que gradualmente são sucedidas por melhores oposições. Por exemplo, a de 1965 foi evidentemente uma boa oposição; a de 1958 já não era tão boa. A de 1963 era, definitivamente, uma oposição deficiente; a de 1965 também não era boa; mas daí em diante as coisas melhorarão, até a oposição de 1971, que será ainda melhor do que a de 1956. *(Ver Figura 9.)*

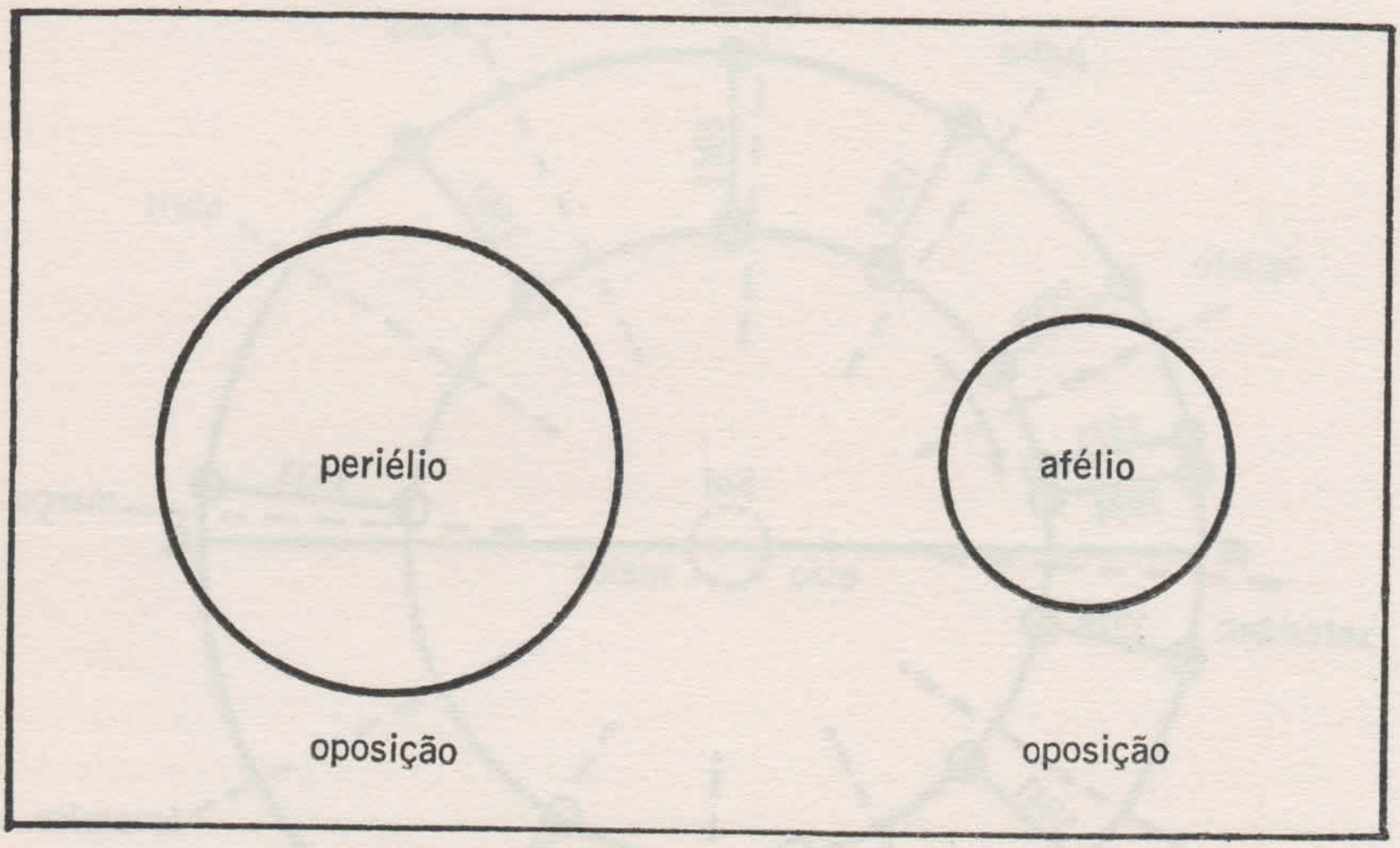


Fig. 9. Dimensões aparentes de Marte, visto através de um telescópio, durante uma boa oposição (esquerda) e uma oposição má (direita).

Haverá algum meio de saber, partindo-se de uma oposição boa, quanto tempo se deverá esperar por outra boa oposição? Sim, há, e tudo de que se precisa é um pouco de aritmética. Um ano marciano é igual a 1,8808 ano terrestre; em conseqüência, 151 anos marcianos são quase exatamente iguais a 284 dos nossos anos. Isto significa que determinada oposição será repetida depois de 284 anos, período de tempo um tanto longo. Na realidade, não é preciso esperar tanto tempo, visto que 42 anos marcianos

equivalem a 78,994 dos nossos, e assim determinada oposição se repetirá quase de maneira idêntica depois de 79 anos. Se se desejar sòmente uma oposição bem semelhante, pode-se esperar um intervalo de 25 ou de 17 anos marcianos. O primeiro intervalo equivale a 47,02 anos terrestres, e o último a 31,974. Êste cálculo, portanto, se resume em afirmar que se terá uma oposição muito semelhante cada 32 anos, e outra ainda mais igual cada 47 anos.

A afirmação de que o intervalo entre duas oposições é de dois anos e sete semanas é, como tem sido acentuado, mera regra prática — útil para estimativas rápidas mas não precisas. Já a afirmação de que dada oposição se repetirá cada 284 anos é verdadeira com um êrro de 1/3 de grau de arco, menos do que o diâmetro de uma Lua cheia alta no céu. A oposição de 1640 foi especialmente boa — embora os telescópios da época fôssem péssimos — e se repetiu em 1924. A oposição de 1666 repetiu-se em 1950, e a ótima oposição de 1719 será repetida em 2003. Aí então não necessitamos mais de boas oposições, porque já teremos pousado em Marte e aprendido tudo diretamente no local.

OPOSIÇÕES DE MARTE

Ano	*Data*	*Distância entre a Terra e Marte (milhas)*
1937	19 de maio	48 000 000
1939	27 de julho	36 171 000
1941	3 de outubro	38 508 000
1943	28 de novembro	50 600 000
1946	9 de janeiro	59 800 000
1948	18 de fevereiro	63 000 000
1950	24 de março	60 700 000
1952	2 de maio	52 400 000
1954	25 de junho	40 300 000
1956	11 de setembro	35 400 000
1958	16 de novembro	45 100 000
1960	29 de dezembro	56 200 000
1963	3 de fevereiro	61 800 000
1965	8 de março	61 800 000
1967	13 de abril	56 200 000
1969	29 de maio	45 300 000
1971	6 de agôsto	34 600 000
1973	21 de outubro	40 600 000
1975	13 de dezembro	53 100 000

Até agora só mencionamos as distâncias variáveis entre o Sol e Marte e entre a Terra e Marte, mas isso não é tôda a história. Temos agora que nos voltar para o eixo do planêta Marte e a posição de sua órbita em relação à da Terra.

Comecemos pelo eixo. O eixo de Marte, como o da Terra, não é perpendicular à sua órbita. O eixo da Terra é inclinado, em relação ao plano da órbita, de 23 graus e 27 minutos de arco; o número correspondente para o planêta Marte é de 24 graus e 52 minutos de arco. A inclinação, pois, é um pouco maior, porém não muito; se Marte na realidade fôsse um planêta muito parecido com a Terra, diríamos que a maior inclinação de seu eixo daria um pouco de ênfase ao contraste entre as estações. Sendo, porém, Marte o que provàvelmente é, a maior inclinação de seu eixo não provoca nenhuma diferença. Em adição a uma ligeiramente maior inclinação, o eixo de Marte é orientado para uma área diferente no firmamento. O eixo da Terra, projetado no Norte celeste, aponta quase na direção da estrêla Polar na constelação da Ursa Menor, afastando-se dela por menos de um grau de arco. O eixo de Marte não aponta para uma estrêla notável; nem ao menos aponta para uma estrêla que poderia ser vista a ôlho nu por um observador humano situado no planêta Marte. O pôlo norte celeste de Marte está afastado cêrca de 10 graus de arco de uma estrêla notável, Deneb. Esta posição diferente do eixo de Marte exerce certa influência na determinação das melhores áreas de Marte para observação.

Como resultado da posição do eixo de Marte, podemos às vêzes ver a área em volta de um dos pólos e a região em direção ao equador, e às vêzes o outro pólo e a área ao seu redor. Quando Marte se encontra na oposição periélica, podemos ver distintamente seu pólo sul e o hemisfério sul; nossa melhor percepção do pólo norte e hemisfério norte é durante uma oposição afélica. É por essa razão que as cartas de Marte mostram mais pormenores do hemisfério sul. E, para obter melhores resultados durante uma oposição afélica, o observatório deveria estar localizado no hemisfério norte de nosso planêta, ao passo que os melhores resultados durante uma oposição periélica seriam obtidos com um observatório localizado em nosso hemisfério sul.

A razão disto reside no fato de que as órbitas da Terra e de Marte não estão precisamente no mesmo plano. A eclítica, que é o plano da órbita da Terra, e a órbita de Marte formam entre si um ângulo de pouco menos de dois graus de arco. Se traçarmos um círculo no tampo de uma mesa e declararmos que o círculo é a órbita da Terra, então o plano do tampo da mesa será a eclítica. Durante o afélio, Marte estaria ligeiramente "acima" do tampo da mesa. Acima significa "norte da eclítica";

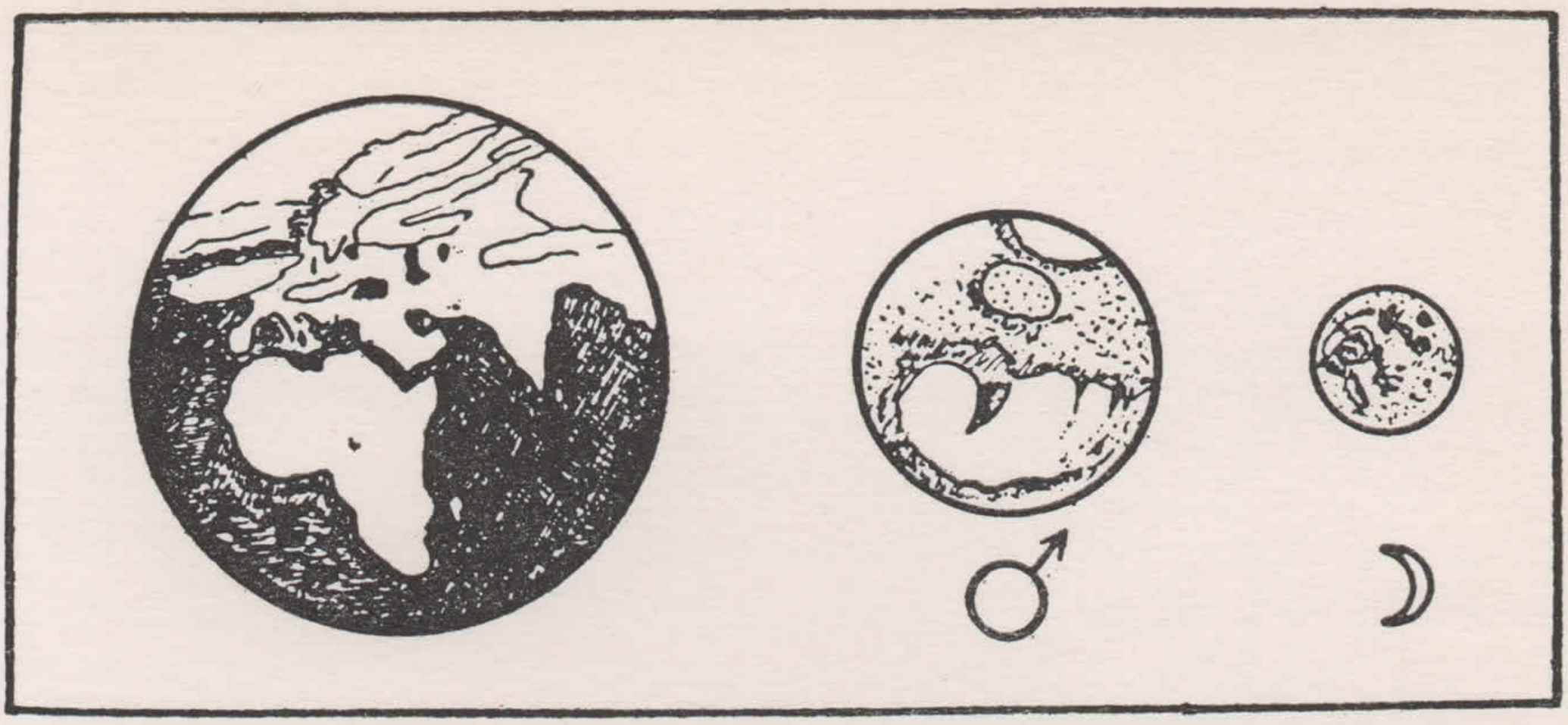


Fig. 10. A Terra, Marte e Lua, representados na mesma escala.

por conseguinte, o planêta pode ser mais bem estudado dos observatórios do hemisfério norte, que o veriam alto no firmamento. Durante o periélio, Marte está "abaixo" do tampo da mesa, ou ao sul da eclítica. Como resultado, o planêta não fica muito acima do horizonte para os observatórios do norte, mas sobe alto no firmamento para os observatórios do hemisfério sul, não muito numerosos.

Embora as posições em nosso céu e a distância da Terra sejam de grande importância para observações telescópicas, nem a distância nem a posição no céu se tornam significativas quando se trata de viagens espaciais para Marte, quer se trate de uma passagem, com aproximação, perto do planêta, quer se trate de um pouso. Certamente, a posição do planêta e sua distância devem ser conhecidas para fins de cálculo da órbita da nave espacial, porém a única condição essencial é que Marte deva estar acima do horizonte em relação à estação receptora. Nem mesmo as más condições atmosféricas exercem influência.

3

As Luas de Marte

Só duas pequeninas luas de Marte pertencem à companhia exclusiva dos corpos celestes cuja existência foi predita antes de terem sido descobertos. É verdade que fazer predições é e sempre tem sido parte do trabalho normal dos astrônomos. Porém, em regra, essas predições são predições de *posições;* êles dizem quando o Sol ou a Lua nascem e se põem, quando Vênus será estrêla d'alva (ou estrêla vespertina), e quando o Sol, a Terra e a Lua ficarão alinhados no espaço, de tal maneira que haja um eclipse. Mas apesar de isso ser rotina, certas espécies de predições sensacionais são feitas de vez em quando.

Em 1705, o Dr. Edmond Halley entregou à Real Sociedade de Londres um ensaio sôbre os cometas. Halley coligiu tôdas as observações sôbre cometas que conseguiu obter e tentou calcular suas verdadeiras órbitas — ou antes, a seção de suas órbitas próximas do Sol —, partindo das observações. Enquanto se empenhava nisso, notou que um cometa brilhante tinha sido visto a intervalos de cêrca de 75 anos. Além disso, as órbitas descritas para cada caso eram virtualmente idênticas. Halley chegou a uma conclusão verdadeiramente revolucionária para seu tempo: os "quatro" cometas dos anos de 1456, 1531, 1607 e 1682 eram provàvelmente o mesmo. E, se isso fôsse realmente o caso, o mesmo cometa deveria voltar nos fins do ano de 1758. Entrementes, o Dr. Halley morreu, porém "seu" cometa apareceu como tinha sido predito; um astrônomo amador chamado Johann Georg Palitzsch foi o primeiro a avistá-lo, de sua fazenda perto de Dresden.

Outro caso semelhante foi a predição da existência dos planetóides, também chamados asteróides. O astrônomo alemão Johannes Kepler, em tôrno do ano de 1600, surpreendeu-se ao verificar que a órbita de Júpiter, exterior ao planêta Marte, era exageradamente maior do que a órbita de Marte. Parecia haver um hiato bem definido na arrumação dos planêtas em volta do Sol. Kepler tentou por algum tempo encontrar um sistema numérico que se ajustasse à verdadeira distribuição, mas sem resultado. Tornou-se então mais corajoso; afinal de contas, era bem possível que um membro do sistema solar não tivesse ainda sido descoberto. Kepler admitiu que havia um planêta desconhecido nesse vazio entre Marte e Júpiter. "Inter Martem et Jovem planetam interposui", escreveu ou seja, "entre Marte e Júpiter eu interpus um planêta". Apesar de essa hipótese concordar com os cálculos matemáticos, não significa que o planêta já tivesse sido descoberto.

O caso do planêta desconhecido foi mais tarde consideràvelmente reforçado (em 1766) pelo matemático Johannes Daniel Titius. Descobriu êle uma regra que também não poderia ser aplicada, a menos que houvesse um planêta entre Marte e Júpiter. [1] Quando o Professor Titius estabeleceu sua regra, o planêta Urano ainda não tinha sido descoberto; mas, quando *Sir* William Herschel o descobriu, em 1781, êle também confirmou a regra.

O fato de que Urano também confirmasse a regra foi demasiado para Franz Xavier, Barão de Zach, editor de um jornal astronômico. Em 1785, calculou a órbita de um planêta entre Marte e Júpiter, publicando-a em 1789 para auxiliar os astrônomos. Entrementes, êle se mostrou muito diligente; seria uma tarefa difícil achar o "planêta oculto", como o cha-

	Distância real em U.A. *
$0{,}4 + (0 \times 0{,}3) = 0{,}4$; Mercúrio	0,39
$0{,}4 + (1 \times 0{,}3) = 0{,}7$; Vênus	0,72
$0{,}4 + (2 \times 0{,}3) = 1{,}0$; Terra	1,00
$0{,}4 + (4 \times 0{,}3) = 1{,}6$; Marte	1,52
$0{,}4 + (8 \times 0{,}3) = 2{,}8$; (Ceres	2,77)
$0{,}4 + (16 \times 0{,}3) = 5{,}2$; Júpiter	5,20
$0{,}4 + (32 \times 0{,}3) = 10{,}0$; Saturno	9,54
$0{,}4 + (64 \times 0{,}3) = 19{,}6$; (Urano	19,19)

* As letras U.A. significam "unidades astronômicas" e representam a distância média do Sol à Terra, ou seja, 93 milhões de milhas.

1. Titius escreveu a regra sob a forma de equação, porém sua representação é feita geralmente como a tabela acima.

mava. Não obtendo sucesso, imaginou outro método. A área onde seu "planêta oculto" estava-se escondendo era, òbviamente, em tôrno do zodíaco. Se êle dividisse o zodíaco em 24 áreas iguais, e encontrasse 23 colaboradores decididos, cada um dos colaboradores poderia encarregar-se de uma área, e a pesquisa então seria um sucesso. Passou a idéia a vários astrônomos, durante uma pequena reunião em 1800. Todos acharam boa a idéia e começaram a escrever cartas a astrônomos de vários países, solicitando suas colaborações. Entre os destinatários achava-se o Padre Giuseppe Piazzi, de Palermo, Itália. Porém, o Padre Piazzi involuntàriamente arruinou completamente o plano. Durante a noite do Ano Nôvo de 1800-1801, descobriu acidentalmente o "planêta oculto" antes mesmo de receber a carto do Barão de Zach! A descoberta do Padre Piazzi foi mais tarde batizada com o nome de Ceres, constituindo o primeiro (e o maior) dos vários pequeninos mundos girando em tôrno do Sol no "hiato" entre Marte e Júpiter.

Urano, descoberto por Herschel, que a princípio julgou tratar-se de um cometa, tornou-se o responsável por outra espécie de predição. Êle foi cuidadosamente observado, e sua órbita cuidadosamente calculada. Tudo se conduziu cientìficamente, e, como dizia Argelander em Hélsinqui, "estava tudo azul", porém existia um pequeno problema: os cálculos e as observações não concordavam inteiramente. Cêrca de meio século depois da descoberta de Urano, ocorreu a várias pessoas que a discrepância poderia ter sido causada por um planêta desconhecido, cuja órbita seria exterior à órbita de Urano, de acôrdo com a posição seguinte na tabela de Titius — ou seja, cêrca de 30 U.A. Durante os anos de 1884 e 1845, dois homens decidiram calcular e tentar achar a posição do planêta desconhecido, partindo das irregularidades do movimento de Urano.

Um dêles já era conhecido como astrônomo: Urbain Jean-Joseph Leverrier, do Observatório de Paris. O outro era um jovem inglês chamado John Couch Adams. Ambos fizeram seus cálculos independentemente, chegando, porém, à mesma conclusão em 1846, conclusão essa que se revelou precisa. Adams, no entanto, foi de pouca sorte. O observador encarregado da pesquisa não tinha entusiasmo, e provàvelmente não acreditava na existência de um planêta desconhecido. Ou, se tivesse acreditado, duvidava de que êle pudesse ser descoberto por meio de um simples cálculo. O observador, chamado Challis, primeiro retardou a observação, tornando-se depois desatento.

Quanto a Leverrier, sabia que o Observatório Urânia, em Berlim, possuía melhor equipamento para pesquisas do que qualquer observatório francês existente. Portanto, escreveu uma carta a Johann Gottfried Galle, transmitindo-lhe os resultados de seus cálculos. A carta, posta no correio em 18 de setembro de 1846, chegou ao destinatário, em Berlim, no dia 23 de setembro. Galle obteve, do diretor do observatório, Johannes Franz

Encke, a permissão de rotina para utilização do telescópio no projeto. E, como era prevista uma noite clara, decidiu começar a observação naquele mesmo dia. Galle era auxiliado por um estudante, Heinrich Ludwig d'Arrest, encarregado da verificação da carta, ao passo que êle mesmo se encarregava das observações. Menos de uma hora depois, acharam o planêta desconhecido — que mais tarde foi designado pelo nome de Netuno.

Uma vez que a predição tinha sido cumprida tão bem, os astrônomos começaram a meditar: seria Netuno o último e o mais afastado dos planêtas? Ou haveria algum outro? Naturalmente, seria necessário esperar algumas décadas, porque tanto Urano quanto Netuno são planêtas de movimentos vagarosos; suas órbitas teriam de ser verificadas durante um grande espaço de tempo, antes que a influência de um outro planêta desconhecido — se existisse outro — pudesse ser percebida. Depois de cêrca de um século, a época parecia propícia. A procura de um planêta ainda desconhecido tornou-se uma obsessão em tôda a América. Percival Lowell interessou-se (e mais tarde tornou-se obsedado) pelo problema, em 1905, e bem cedo iniciou uma procura telescópica. A pesquisa foi mal sucedida, e Lowell concluiu que seus cálculos matemáticos não teriam sido suficientes. Em 1909, William H. Pickering precedeu sua pesquisa telescópica de uma boa preparação matemática, tendo sido também mal sucedido. Em 1915, Lowell preparou uma nova série de cálculos (criticando amargamente Pickering pelo método que utilizara no processo) e iniciou o trabalho em seu observatório. Esta segunda pesquisa terminou, em novembro de 1916, pela morte de Lowell. Terceira pesquisa — levada a cabo pelo observatório construído por Lowell — foi iniciada cêrca de 12 anos mais tarde, e desta vez coroada de sucesso. Foi realizada por meio de um processo que consistia em fotografar determinada região celeste e repetir a mesma fotografia uma ou várias semanas mais tarde. Em seguida, era feita a comparação entre as duas fotografias. Tudo o que não representava uma estrêla fixa movera-se durante o intervalo de tempo entre as duas fotografias, e em conseqüência teria de ser identificado. Comparando um par de chapas, um jovem astrônomo, Clyde W. Tombaugh, descobriu o planêta desconhecido, no dia 18 de fevereiro de 1929. O planêta foi denominado Plutão.

É esta a história de como os planêtas foram preditos e encontrados.

As luas de Marte também foram preditas. Mas como se pode predizer a existência de uma lua? Não existe uma fórmula como a de Titius para as distâncias entre as luas e seus planêtas. Uma lua não poderia influenciar a órbita de seu planêta, a menos que fôsse uma lua gigantesca. E, de certo, uma lua gigante seria claramente visível, não havendo, portanto, necessidade de predições.

A maneira pela qual a estória é usualmente relatada começa com Jonathan Swift (1667-1745), criador do imortal Capitão Lemuel Gulliver. Depois de viajar para Lilliput e Brobdignac, o Capitão Gulliver visita a

ilha voadora de Laputa. [2] O Capitão Gulliver verificou ràpidamente que os laputenses são extremamente interessados em astronomia e

> "gastam grande parte de suas vidas observando os corpos celestes, o que fazem com o auxílio de lunetas infinitamente superiores às nossas. Esta vantagem permitiu-lhes ampliar as descobertas muito além das levadas a cabo pelos astrônomos da Europa; já têm catalogadas mais de dez mil estrêlas fixas, ao passo que os nossos mais extensos catálogos não contêm mais do que um têrço dêsse número. Descobriram ainda duas estrêlas inferiores, ou satélites, que giram em tôrno de Marte, das quais a interna dista do centro do planêta exatamente três diâmetros, e, a mais afastada, cinco; a primeira perfaz sua órbita no espaço de dez horas, e a última em vinte e uma horas e meia; e, assim, o quadrado de seus tempos periódicos se aproxima, proporcionalmente, aos cubos de suas distâncias ao centro de Marte, o que evidentemente mostra serem governados pelas mesmas leis de gravitação que influenciam os outros corpos celestes".

Vamos agora comparar esta peça de ficção com a história da verdadeira descoberta, como vem descrita pelo descobridor, Professor Asaph Hall:

> "A minha pesquisa para achar um satélite começou nos princípios de agôsto (1877). Inicialmente, minha atenção foi dirigida para alguns objetos de pouco brilho, a alguma distância do planêta; mas foi verificado que êstes eram estrêlas fixas, e a 10 de agôsto comecei a examinar a região próxima ao planêta e dentro do resplendor de luz em volta do mesmo. Isto foi conseguido desalizando a ocular de maneira a manter o planêta ligeiramente fora do campo de vista, e depois executando um movimento circular com a ocular em volta do planêta. Nessa noite, não consegui achar nada. A imagem do planêta era fulgurante e oscilante, e os satélites nesse momento se achavam muito próximos dêle, não sendo vistos, portanto. A pesquisa em volta do planêta repetiu-se várias vêzes, na noite de 11, e às duas horas e meia vi um tênue objeto no bordo de fuga do planêta (significando do lado oposto ao do seu deslocamento) e um pouco ao norte e que mais tarde foi confirmado como sendo o satélite externo. Mal tive tempo de manter a observação da posição, quando um nevoeiro proveniente do Rio Potomac interrompeu o trabalho. O tempo brumoso persistiu por diversos dias. Na noite de 15 de agôsto, o tempo clareou às 11 horas, e a pesquisa continuou; porém, a at-

2. A estória foi publicada pela primeira vez em 1726.

mosfera se achava em más condições, e não mais foi visto o objeto, que sabíamos estar nesse momento tão próximo do planêta que se tornaria invisível. No dia 16 de agôsto, o objeto foi visto de nôvo, no lado oposto ao do deslocamento do planêta, e as observações dessa noite confirmaram que se deslocava junto com o planêta, e, se fôsse um satélite, estava próximo de um de seus prolongamentos. No dia 17 de agôsto, enquanto esperava e observava o satélite externo, descobri o satélite interno. As observações dos dias 17 e 18 deixaram claro o caráter dêsses objetos, e as descobertas foram pùblicamente anunciadas pelo Almirante Rodgers. Mesmo assim, ainda por vários dias o satélite interno se constituiu num enigma. Aparecia nos lados diferentes do planêta na mesma noite, e a princípio julguei que se tratasse de duas ou três luas internas, visto que me parecia improvável, naquela época, que o satélite pudesse girar em tôrno de seu planêta em menos tempo do que o necessário para o planêta girar. Para me certificar disso, observei essa lua nas noites de 20 e 21 de agôsto, verificando que, de fato, só havia uma lua interna, que fazia sua revolução em tôrno do planêta em menos de um têrço do tempo de rotação do planêta, caso único em nosso sistema solar."

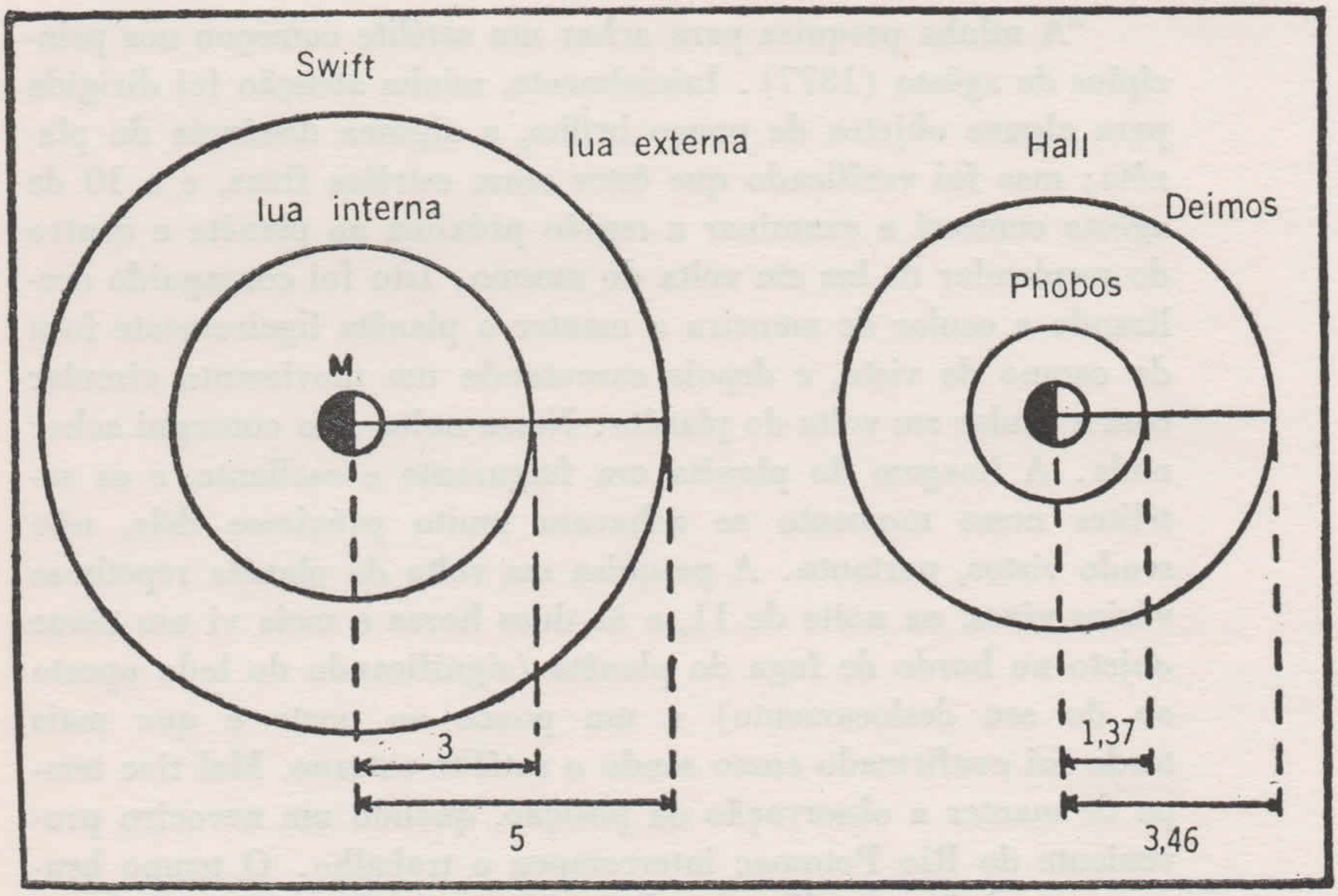


Fig. 11. Comparação entre as "previsões" de Swift e a realidade. As distâncias das luas ao planêta são representadas tomando-se o diâmetro de Marte (M) como unidade.

Em certo ponto de seu relatório, Hall escreveu os números correspondentes às distâncias e os períodos de revolução [3] e, quando os valôres apresentados por Swift e Hall foram comparados, a concordância foi verdadeiramente espantosa. *(Ver também a Figura 11.)*

Satélite	*Distância do centro de Marte (em diâmetros de Marte)*		*Período de revolução*	
	Swift	*Hall*	*Swift*	*Hall*
Interno (Phobos)	3	1,38	10h	7h 39m
Externo (Deimos)	5	3,46	21 1/2h	30h 18m

Quando o caso é apresentado desta maneira, fica-se verdadeiramente surpreendido. Como poderia Swift ter sabido? Podemos afirmar com absoluta certeza que não existia telescópio em parte nenhuma, naquele tempo, que pudesse revelar os satélites marcianos a um observador.

Mas, apresentada desta maneira, a história não é completa. E, uma vez conhecendo-a completa, assim mesmo ainda há motivos para surprêsas, porém o mistério já não é tão profundo.

Tudo começou com Johannes Kepler.

Enquanto se achava atarefado no trabalho de interpor um planêta entre as órbitas de Marte e de Júpiter, êle se sentia mortificado por um fato da natureza, e êste fato era a nossa própria lua. Tanto quanto Kepler ou qualquer outra pessoa sabia, sòmente a Terra possuía uma lua. Por que, admirava-se êle, seria a Terra a única? De certo, havia uma possibilidade. E, desde que isto fôra antes da invenção do telescópio, ninguém sabia o tamanho dos outros planêtas; e, sendo a Terra um planêta como Mercúrio, Vênus, Marte, Júpiter e Saturno, era possível que a Terra fôsse o maior de todos, e por essa razão possuísse uma lua. O que quer que pensasse Kepler, todavia, teria êle de aceitar os fatos da natureza; mas a existência de uma única lua em todo o sistema solar parece tê-lo deixado preocupado por muito tempo.

Então, Jan Lippershey, nos Países Baixos, inventou o telescópio como um meio útil de identificar os navios a distância. Galileu Galilei assestou o nôvo instrumento para o céu, e depois escreveu um pequeno panfleto, em que descreveu as mais surpreendentes descobertas. Onde o ôlho nu via nada mais do que meia dúzia de estrêlas, o telescópio revelava trinta. Onde o ôlho nu via manchas negras na lua, o telescópio mostrava montanhas e vales. E onde o olho nu mostrava o planêta Júpiter fulgurante nas noites

3. Para os valôres atualizados, ver o Apêndice.

celestes, o telescópio revelava que êle possuía quatro companheiras, quatro luas.

Kepler recebeu o panfleto de Galileu, o famoso *Sidereus Nuncius* (*Mensageiro das Estrêlas*), em 1610. Considerou-o novidade maravilhosa, sob todos os aspectos, porém o que mais o impressionou foi a descoberta das luas de Júpiter. A Terra não poderia mais ser considerada como a única; outro planêta possuía também luas. Teria sido apenas uma questão da incapacidade dos olhos humanos em vê-las. Isto provocava modificação completa; agora, a regularidade do sistema solar tinha sido, por fim, revelada. Mercúrio, o mais interno dos planêtas, poderia, òbviamente, ser considerado como uma lua do Sol. Vênus, o segundo planêta, também não possuía lua; a Terra, o planêta seguinte, tinha uma lua. E, uma vez que Júpiter possuía quatro luas, o planêta que se achava entre êle e a Terra, Marte, haveria de ter duas luas. Saturno, para além de Júpiter, deveria ter seis ou oito luas.

O mais importante da história é que Kepler escreveu um panfleto explicando essas idéias. [4] Seus pontos-de-vista poderiam ser conhecidos por todos, e a idéia de que Marte provàvelmente tinha duas luas fôra implantada. Em 1643, o monge capuchinho Anton Maria Schyrl, proclamou que as havia visto. Como sabemos que isto seria impossível, concluímos que Schyrl fôra mistificado por duas estrêlas fixas débeis, que por acaso se achavam nas vizinhanças de Marte. Mas essa proclamação, embora falsa, provou que a idéia já ganhava raízes. Jonathan Swift, mesmo que não tivesse lido o panfleto de Kepler, deveria ter tido conhecimento do assunto; se os laputenses houvessem descoberto alguma coisa perto de Marte, teriam sido duas luas. Swift chegou mesmo a fazer uma alusão indireta a Kepler, citando "a Terceira Lei de Kepler", quando se referia às relações existentes entre os quadrados dos tempos de revolução e os cubos das distâncias. E, visto que Marte deveria ter duas luas, não ainda descobertas, seria fácil concluir serem demasiado pequenas. Além disso, elas provàvelmente deveriam estar bem próximas do planêta, o que tornaria mais difícil serem vistas. Tudo isso constituía um raciocínio lógico — e não fazia a menor diferença, quer Swift estivesse especulando sèriamente, quer escrevendo apenas com intuitos literários —, e a única ação verdadeiramente arbitrária consistia em consignar distâncias para as duas luas. Swift escolheu três e cinco diâmetros; as distâncias reais são menores do que 1 1/2 e 3 1/2. Cabe ao leitor decidir se êsses números constituem ou não uma boa aproximação. (Ou teria Swift escrito "diâmetro", quando na realidade estaria pensando em "raios"?)

As descobertas das luas de Marte trouxeram como resultado uma pequena lista adicional de perguntas, a primeira das quais era por que as luas

---

4. O panfleto apareceu em 1610, sob o título *Narratio de Jovis Satellitibus.*

tinham sido descobertas tão tarde. Em 1834, o astrônomo vienense Joseph Johann von Littrow concitou todos os astrônomos a pesquisar as duas luas indicadas por Kepler, sempre que Marte estivesse em oposição. Presumìvelmente, muitos astrônomos seguiram o conselho de von Littrow, mas — ninguém reivindicou a descoberta. Em 1864, Heinrich Ludwig d'Arrest, o estudante que auxiliou na descoberta de Netuno e, entrementes, se tornara professor e diretor do Observatório de Copenhague, efetuou uma pesquisa esmerada, igualmente sem resultado algum. Em face do fracasso de d'Arrest, alguém aventou a idéia de que Marte realmente não possuía luas até 1864, tendo posteriormente "capturado" dois asteróides, entre os anos de 1864 e 1877. Estando Marte muito próximo do cinturão dos pequeninos planêtas, essa idéia tinha um fundo de razão. Havia, porém, fortes indícios de que isso não era correto — indícios fornecidos pelas órbitas das duas luas.

Ambas as órbitas estão quase em coincidência com o plano do equador marciano, e constitui um fato consagrado que tôdas as luas no sistema solar possuem suas órbitas bem próximas do equador de seus planêtas. Nossa própria lua desvia-se do plano equatorial da Terra na ordem de 28.º ao norte ou ao sul do equador, mas nossa lua constitui, neste particular, uma exceção; tôdas as demais luas acham-se mais perto do equador de seus planêtas. Evidentemente, isto se relaciona com o processo de suas formações. Não sabemos realmente como as luas foram formadas, mas, qualquer que seja o processo, podemos aplicá-lo para os satélites marcianos. Se os satélites de Marte são asteróides capturados, suas órbitas poderiam ser quaisquer, em volta de Marte; uma poderia estar inclinada num ângulo de 45.º e a outra poderia até ser uma órbita polar. Um asteróide capturado poderia acidentalmente apresentar uma órbita equatorial — mas, que isso acontecesse com ambos, seria fato muito improvável.

O Professor Simon Newcomb, do Observatório Naval dos Estados Unidos, onde Phobos e Deimos foram descobertas, investigou o problema, analisando-o sob o ponto-de-vista dos instrumentos disponíveis. Numa comunicação ao editor do jornal astronômico inglês *Observatory*, Newcomb salientou que a oposição de 1862 fôra suficientemente boa para permitir que as luas de Marte fôssem descobertas. Porém, nesse ano, só havia dois ou possìvelmente três telescópios com potência suficiente para permitir a observação delas. A oposição de 1864, utilizada por d'Arrest, simplesmente não tinha sido suficientemente boa, e durante a oposição de 1875 Marte estêve demasiadamente perto do horizonte para os observadores do hemisfério norte. Assim, 1877 foi o primeiro ano em que a oposição, com Marte bem alto no horizonte, estêve associada com telescópios potentes.

Outra questão, associada com as recentes descobertas das luas de Marte, não se originou entre os astrônomos e sim entre os leigos, desejosos de saber qual o aspecto que teria uma paisagem marciana iluminada por duas luas.

Evidentemente, referiam-se ao tipo de luar que desfrutamos quando a lua está cheia, e assim a resposta teria sido um tanto decepcionante para êles. E, uma vez que as duas luas estão bem perto do planêta, grandes áreas em Marte, ou seja, as áreas polares, não oferecem a um observador a menor possibilidade de avistá-las. Existem ainda outras faixas, uma no hemisfério norte e outra no hemisfério sul, de onde sòmente a lua mais afastada pode ser vista. Para ver bem ambas as luas, torna-se necessário que o observador esteja situado nos trópicos marcianos. Tomemos um ponto qualquer do equador marciano e vejamos o que pode ser visto.

Deimos, a lua mais externa, leva cêrca de 30 horas e 18 minutos para completar uma órbita em tôrno de Marte. O planêta, entretanto, gira na mesma direção; portanto, Deimos paira no espaço, num dado ponto, por muito tempo. Quase se comporta como um satélite artificial sincrônico. Deimos está, em média, a 14 600 milhas do centro de Marte; se estivesse um pouco mais perto do planêta, ou seja, 12 710 milhas do centro, seria um satélite sincrônico, parecendo completamente imóvel em determinado ponto do céu marciano. Contudo, viaja lentamente, levando um pouco mais de 60 horas desde que nasce até que se põe. Porém, em virtude de seu pequeno tamanho — estima-se o diâmetro em apenas cinco milhas, podendo ainda ser de três milhas —, teria a aparência de sòmente uma estrêla brilhante, como, por exemplo, Vênus, quando está especialmente bri-

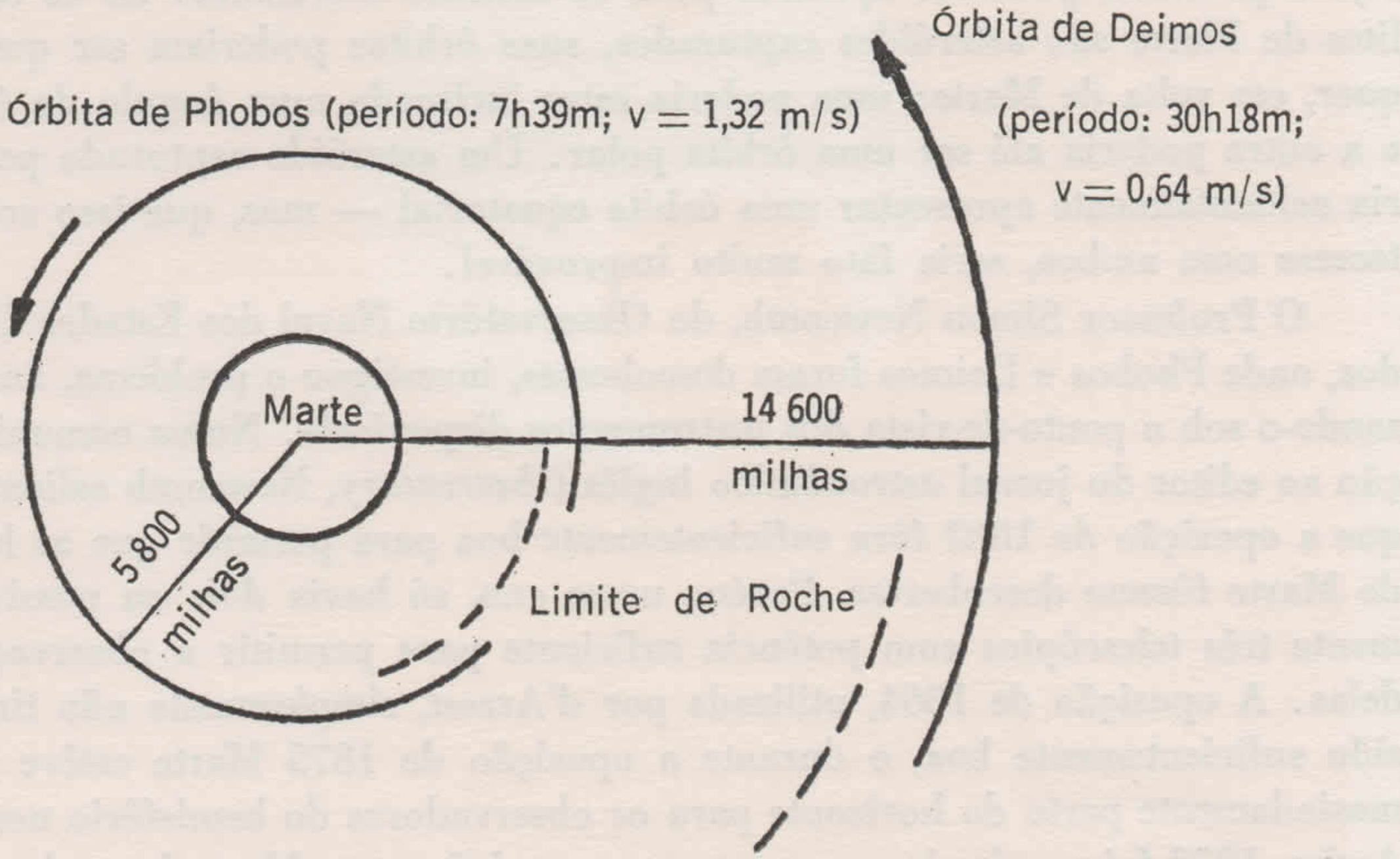


Fig. 12. Marte e suas duas luas; tanto as dimensões do planêta quanto das órbitas das luas foram representadas na mesma escala (as luas, pròpriamente ditas, são demasiadamente pequenas para serem representadas nesta escala).

lhante. Um telescópio permitiria a um observador em Marte ver quando Deimos gradualmente muda de fase; a ôlho nu, essa mudança pareceria variações de luminosidade.

Phobos, a lua interior, executa um pouco mais de três órbitas durante um dia marciano, mas para um observador situado no equador pareceria um pouco mais do que duas órbitas por dia, em virtude da rotação do planêta. Apesar disso, Phobos ultrapassa o deslocamento de um ponto dado no equador, e, como nossos satélites artificiais, nasce no ocidente e se põe no oriente. *(Ver Figura 12.)*

Se um astronauta em Marte anotar o momento do nascimento de Phobos na sua tabela de tempo, verá que nasce outra vez 11 horas e 6 minutos mais tarde. Depois de se elevar acima do horizonte, Phobos necessita de 2 horas

Fig. 13. Em virtude das suas pequenas dimensões, as luas de Marte não podem causar um verdadeiro eclipse; não são capazes de cobrir todo ou a maior parte do disco solar. Um observador situado no equador marciano poderia ver ambas as luas projetadas contra o dico do Sol.

e 9 minutos para chegar ao zênite; durante sua jornada, seu tamanho aumenta visìvelmente. E, uma vez que Phobos é maior do que Deimos — cêrca de 8-10 diâmetros — e se acha mais próximo da superfície, teria a aparência de uma pequena lua, com um diâmetro aparente de cêrca de um quinto de nossa lua. Duas horas e nove minutos após atingir o zênite, põe-se de nôvo, diminuindo de tamanho durante o processo e, certamente, tendo passado pelas suas fases. Ambas as luas poderiam entrar em eclipse com muita freqüência, porque penetram várias vêzes na sombra de Marte, mas nenhum delas poderia causar um eclipse do Sol. São muito pequenas para isso. Tanto Phobos quanto Deimos teriam a aparência de manchas escuras, quando vistas contra o disco solar; quanto a Phobos, um observador que quisesse observar o fenômeno teria de estar alerta, visto que Phobos cruza o disco solar em cêrca de 30 segundos. *(Ver Figura 13.)*

Excetuando as estranhas proezas das luas, o céu teria a mesma aparência, tanto visto de Marte quanto da Terra, com uma exceção. Um observador em Marte teria duas estrêlas-d'alva e duas estrêla vespertinas. Uma delas seria Vênus; a outra, muito mais brilhante, seria a Terra. Os asteróides maiores, quando na passagem de Marte, poderiam, durante certo tempo, apresentar a aparência de estrêlas medianamente brilhantes, porém tôdas as constelações seriam como as vistas por nós.

Ainda não terminamos com Phobos, entretanto.

Durante os anos que precederam a Segunda Guerra Mundial, um número comparativamente pequeno de astrônomos dedicados ao estudo dos planêtas — a maioria dêles raramente pensando em nosso próprio sistema solar, mas dedicada aos problemas das regiões estelares — notou que a velocidade orbital de Phobos parecia estar aumentando. Isto significava que suas órbitas estavam diminuindo lentamente. Contudo, medir a pequena diferença de distância entre a lua e o planêta é muito mais difícil do que observar o pequeno aumento de velocidade. Apesar disso, uma alta velocidade significa que a lua deve achar-se mais próxima do planêta do que o estava quando descoberta por Asaph Hall.

O aumento de velocidade pode ser causado, estranho como pareça à primeira vista, por alguma resistência encontrada ao longo da órbita. Mas uma resistência não deveria diminuir a velocidade, em vez de aumentá-la? Sempre que esta questão é levada a uma sala de aula, provoca nítida divisão de opinião entre a maioria dos estudantes e seus professôres. O professor afirmará que "a velocidade orbital aumenta por causa da resistência encontrada," e os estudantes considerarão a afirmação como um engano. Os estudantes é que estão errados, porque não raciocinaram com acêrto. Evidentemente, o resultado imediato do encontro de resistência ao longo da órbita seria a diminuição da velocidade de deslocamento da lua. Mas a estória não termina aqui. O que acontece é o seguinte: por fôrça da resistên-

cia, a velocidade da lua diminui um pouco, e ela se torna demasiado lenta para permanecer em sua órbita; sua velocidade tornou-se insuficiente para equilibrar a fôrça gravitacional do planêta para aquela determinada órbita. Em conseqüência, a lua se inclinará para o planêta, e nesse processo aumentará sua velocidade. Assim, uma nova órbita fica estabelecida mais próxima do planêta, com velocidade orbital um pouco mais alta.

Esclarecido êste ponto, o problema seguinte é saber qual a causa da resistência. A resposta óbvia é "poeira cósmica", e constituiria uma boa resposta, se pudesse ser aplicada nesse caso. Se houvesse bastante poeira cósmica perto de Marte para causar resistência, evidentemente sua ação seria exercida em ambas as luas. E, se a poeira cósmica tivesse a mesma densidade em tôda a área, Deimos seria mais afetada do que Phobos. Ora, uma vez que Deimos é a menor das duas luas, sua massa é menor, e, em conseqüência, menor a energia cinética; portanto, ela sofreria o efeito da resistência em grau muito maior. Deimos, porém, continua em sua órbita, sem o mais leve sinal de variação. Então, a poeira cósmica não pode ser a culpada. Deve ser algo que de algum modo está relacionado com a diferença de distância das duas luas.

A resposta seguinte seria "exosfera". Êste têrmo foi criado para designar uma área em volta de nosso próprio planêta — que se acha além da atmosfera, mas ainda contém moléculas de ar atmosférico. Estas moléculas se acham demasiadamente separadas entre si para constituir um gás contínuo; isto nos leva a considerar cada molécula como se fôsse um diminuto satélite, em órbita em volta da Terra. Uma vez que Marte possui uma atmosfera, é razoável concluir que também possui uma exosfera. E essa exosfera influenciaria, pela proximidade, a Phobos, porém não a Deimos, a qual se acha muito afastada.

Êste raciocínio seria perfeito, mas para ser verdadeiro necessitaria de uma exosfera várias vêzes mais densa que a nossa, a uma distância equivalente, e isto não seria possível numa atmosfera rarefeita como a marciana.

Por volta de 1960, um cientista russo, o astrofísico Dr. Shklovsky, formulou uma teoria que poderia solver todos êsses problemas com certa dose de audácia. É ponto pacífico que a exosfera de Marte não pode oferecer muita resistência, disse Shklovsky. Aceitamos, porém, a premissa de que Phobos é uma densa massa de rocha. Se Phobos fôsse uma esfera comparativamente pequena, de uma milha, aproximadamente, de diâmetro, e constituída de fôlha de metal muito fino, ou seja, se fôsse um balão de finíssima fôlha de metal, seria bastante brilhante para aparentar uma esfera de rocha maciça de dez milhas de diâmetro. Por outro lado, sua massa seria tão pequena que sofreria a influência da exosfera marciana, por mais rarefeita que fôsse. Porém, a natureza não produz balões de finíssimas fôlhas de metal. Em conseqüência, Phobos é um satélite artificial, pôsto em

órbita pelos marcianos para estabelecer um sistema de comunicações ou para fins de navegação. Provàvelmente Phobos foi pôsto em órbita entre os anos de 1870 e 1875.

Nada se poderia objetar a esta asserção, exceto afirmando que a teoria é altamente improvável. Hoje em dia, pode-se ser mais preciso. As medições transmitidas à Terra pelo Mariner IV vieram provar que a atmosfera marciana é ainda mais rarefeita do que mesmo nas estimativas mais pessimistas recentes. Portanto, a exosfera marciana deve ser tão tênue que não poderia influenciar mesmo um balão construído de finíssimas fôlhas de metal.

Mas que dizer a respeito das variações de velocidade orbital que foram observadas? Alguma coisa deve ser a causa. Antes de Shklovsky surpreender a todos com suas idéias, um cientista alemão, o Dr. Werner Schaub (ex-presidente da Sociedade de Pesquisa de Foguetes e de Viagens Espaciais, da Alemanha) formulou uma hipótese muito interessante. Não poderemos afirmar se isto é verdadeiro ou não, mas vale a pena relatar. A teoria se resume, em poucas palavras, em sugerir que o próprio Phobos produz a poeira que diminui seu movimento.

Antes de explicarmos esta teoria com maiores detalhes, teremos de regredir um pouco mais de um século, para examinar uma idéia que causou (porque vem sendo citada de maneira incorreta) mais desentendimento do que qualquer outra. Essa idéia é conhecida sob o nome de "Limite de Roche". A teoria, formulada pelo matemático francês de nome H. Roche, em 1848, só foi publicada muito mais tarde, em 1873, em *Memoires de l'Académie de Montpellier*. A razão pela qual registramos aqui o local da publicação e o ano prende-se a que isto quase nunca é feito; parece-nos que cada geração de escritores populares cinge-se simplesmente a copiar a teoria um do outro. Isto explica também a quantidade de erros que cada vez mais se acumula nos livros populares, sempre que o Limite de Roche é citado.

Roche enunciou que, se um satélite estiver demasiadamente próximo de um planêta, não se poderá manter como unidade, fragmentando-se pela fôrça gravitacional superior do planêta. Além de certa distância, o satélite estará em segurança, e esta distância é conhecida como o Limite de Roche. O limite deve estar situado a 2,44 raios do planêta, a partir de seu centro. E, uma vez que o nosso assunto é Marte, poderemos aqui mencionar o Limite de Roche para êste planêta: dista 5 148 milhas do centro, ou um pouco mais de 3 000 milhas da superfície. Estando Phobos a 5 800 milhas do centro de Marte, está do lado seguro do Limite de Roche. Tem sido, porém, observado que nenhum outro satélite em nosso sistema solar se acha tão próximo do ponto perigoso.

Esta última observação é o resultado do total desconhecimento do que Roche disse originalmente. Êle declarou, cuidadosamente, que se referia

a um satélite *líquido,* o que constituía a sua maneira de dizer que tinha calculado o problema para um satélite de *fôrça tênsil igual a zero,* como uma nuvem de poeira. Um satélite com fôrça tênsil pode permanecer dentro dêsse suposto limite perigoso durante qualquer espaço de tempo, como tem sido demonstrado por centenas de satélites artificiais. Isto já era sabido muito antes de o primeiro satélite artificial ser colocado em órbita; o astrofísico inglês Dr. Harold Jeffreys calculou em 1946 a proximidade que um satélite natural de rocha deveria atingir para ser fragmentado. No caso da Terra, onde o Limite de Roche é 5 700 milhas da superfície, um satélite sólido teria de se aproximar até 130 milhas da superfície para ser afetado. Provàvelmente, o Limite de Roche ainda será citado, na literatura popular, por mais uns anos, mas, para nossos propósitos práticos, poderemos, com segurança, ignorar tôda a estória. Contudo, foi com a mente voltada para o Limite de Roche que o Dr. Schaub investigou alguma coisa mais.

Sem dúvida a Terra exerce ação de maré nos satélites artificiais. Qual seria a distância a que um satélite artificial deveria orbitar a Terra para que essas ações de maré se tornassem mais fortes que a fôrça gravitacional do próprio satélite? A resposta é 1,3 raio do planêta, ou seja, três décimos de raio do planêta acima de sua superfície — cêrca de 1 200 milhas, no caso da Terra. A expressão 1,3 de raio aplica-se sòmente se o planêta e o satélite tiverem a mesma densidade; se a densidade do satélite fôr muito baixa (digamos, um foguete a combustível líquido em órbita), o número seria consideràvelmente maior do que 1,3. A próxima coisa que o Dr. Schaub procurou determinar foi a mais baixa densidade necessária para que Phobos caísse dentro do limite no qual a influência marciana seria maior do que a fôrça da gravidade na superfície de Phobos. O Dr. Schaub verificou que êsse seria o caso, se a densidade de Phobos fôsse a metade da densidade da água. Isto seria possível se se tratasse de rocha muito porosa. E que aconteceria, se Phobos, ou qualquer outro satélite, estivesse dentro do "Limite de Schaub"? Algo muito interessante. O próprio satélite estaria em perfeita segurança, mas tudo o que estivesse sôlto sôbre sua superfície seria erguido e jogado em órbita. *(Ver Figura 14.)*

Se Phobos fôsse suficientemente leve para estar dentro do "Limite de Schaub", tôda a poeira da superfície, pedregulhos, cascalhos, e mesmo pedaços de rocha maiores, que não estivessem fixados ao solo senão pela fraquíssima fôrça de gravidade de Phobos, seriam jogados no espaço. A poeira e os fragmentos formariam dois anéis muito tênues ao longo da órbita de Phobos, uma externa e a outra internamente à órbita. Cada um dêstes anéis teria a espessura grosseiramente igual ao diâmetro de Phobos, e uma largura de cêrca de três vêzes o diâmetro. Mas, desde que cada uma das partículas dêstes anéis foi retirada de Phobos, teria de tocar a sua órbita em determinado ponto, e assim estariam no caminho da pequena

lua. E cada um dêsses anéis perderia massa em virtude da colisão entre as partículas, o que reduziria suas velocidades. Como o Dr. Schaub imaginou, o anel exterior perderia massa para o anel interior, e o interior perderia partículas que eventualmente tocariam a atmosfera de Marte e se uniriam ao planêta.

Êste mecanismo de perda de massa provoca certa quantidade de poeira e pedaços maiores de rocha, dentro e perto da órbita de Phobos, e *apenas* perto da sua órbita. Deimos se acha demasiadamente afastada da área na qual essa ação poderia ocorrer.

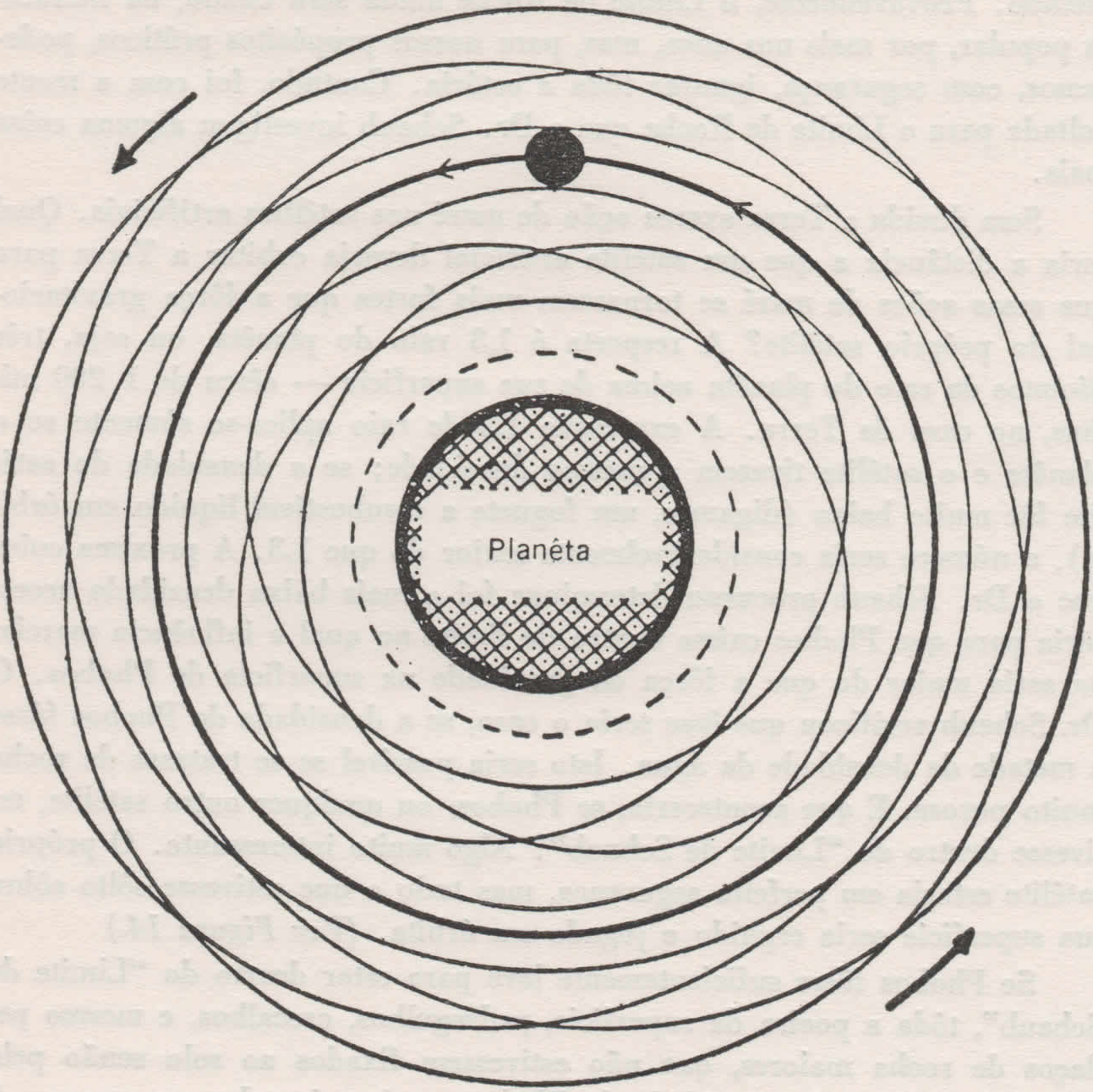


Fig. 14. Perda de massa de uma pequena lua em órbita ao redor de um planêta. Se uma pequena lua girar em órbita perto do Limite de Roche, a ação das marés exercida pelo planêta remove todo o material sôlto da superfície da lua. Neste diagrama (que não foi desenhado em escala), as linhas tracejadas mostram o limite da exosfera, o círculo desenhado em linha cheia representa a órbita do satélite, e as linhas finas as possíveis órbitas dos materiais que foram removidos.

Se esta é a verdadeira explicação para justificar a aceleração do movimento de Phobos, eis uma questão a ser resolvida.

Sòmente mais um pequeno item pode ser adicionado à história de Phobos, no momento. Quando a rota da sonda espacial Mariner IV estava sendo estudada, foi considerada a possibilidade de que Phobos poderia arruinar todo o projeto. Mesmo que tudo corresse em perfeita ordem, o momento preciso de aproximação não poderia ser predito; poderia ser uma ou duas horas mais cedo ou mais tarde do que o momento calculado. Evidentemente, umas poucas horas fazem muita diferença na posição de Phobos em sua órbita; uma colisão entre a pequena lua e a nave espacial não conseguiria ser evitada. Por conseguinte, o Mariner IV deveria passar mais próximo de Marte do que a órbita de Deimos, a fim de conseguir boas fotografias, mas não deveria aproximar-se tanto quanto à órbita de Phobos, uma vez que não seria possível predizer onde Phobos estaria naquele momento. A idéia de que a nave espacial poderia aproximar-se de Marte um pouco mais do que era esperado deveria ter sido uma constante preocupação para os cientistas encarregados de velar pela nave durante os 228 dias em que a mesma estivesse viajando.

4

Cinco Concepções Sôbre um Planêta

1. A TRADICIONAL

A magnífica oposição de 1877 foi seguida por uma boa oposição, em 1879; a seguinte, em 1881, ainda era razoàvelmente útil. Depois disso, as oposições se tornaram cada vez mais deficientes, e mesmo o mais aplicado e infatigável observador não poderia acrescentar nada de nôvo. Mas isso não importava muito. Os astrônomos utilizaram essa época relativamente tranqüila para rever seus antigos esboços, anotar os resultados de seus trabalhos e raciocinar sôbre o que viram. O primeiro relatório de Schiaparelli, com o formidável título *Osservazioni Astronomiche e Fisiche sull'Asse di Rotatione e sulla Topografia del Pianeta Marte* (*Observações Astronômicas e Físicas a Respeito do Eixo de Rotação e da Topografia do Planêta Marte*), foi publicado em 1878. Um segundo e mais tranqüilo relatório (com o mesmo título) saiu em 1881, e um terceiro em 1886.

Apesar de não ser Schiaparelli o único astrônomo a escrever um relatório sôbre Marte, êste é geralmente tido como o mais importante; o mapa de Marte que dominava as discussões era essencialmente o de Schiaparelli. *(Ver Figura 15.)*

Naquela época, a chamada teoria Kant-Laplace da origem do sistema solar era geralmente a aceita. Constituía a fusão das idéias do filósofo alemão Emanuel Kant com as do matemático francês Pierre Simon, Marquês

de Laplace. Kant faleceu em 1804 e Laplace em 1827, e, durante o meio século que se seguiu, várias pequenas modificações foram introduzidas por outros, de tal maneira que Kant provàvelmente não reconheceria a teoria que traz seu nome, e Laplace tremeria em sua sepultura, se tivesse tomado conhecimento de alguns detalhes. Mas, em 1880 e 1890, a chamada teoria Kant-Laplace servia de pedra fundamental a tôdas as opiniões. Assim rezava a teoria:

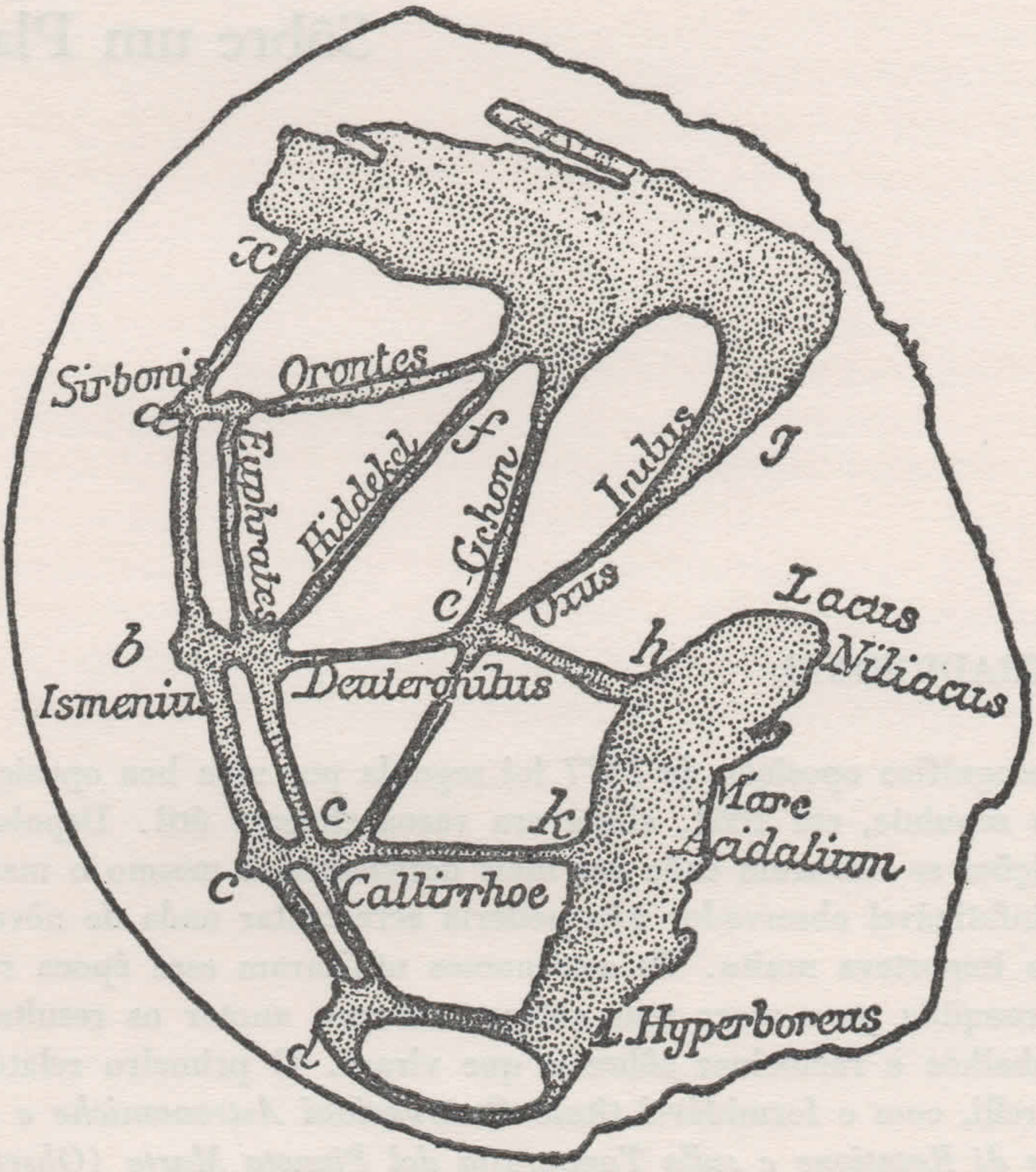


Fig. 15. Mapa parcial de Marte, desenhado no dia 28 de maio de 1888, por Schiaparelli. A área elíptica perto da base do desenho representa a calota polar do hemisfério norte.

Originàriamente, há muito tempo passado, nem o Sol nem os planêtas existiam; não havia sistema solar, e tudo "era sem forma, e o negro vazio se estendia sôbre a face do infinito". Expresso numa linguagem mais recente, o Sol e todos os planêtas eram parte de uma nuvem de poeira cósmica, fria e sem luz. Pelo menos, não possuía luz própria, apesar de ser, provàvelmente, iluminada fracamente pela das estrêlas próximas.

Mas, desde que tôdas as partículas, no Universo, atraem outras, essa nuvem de poeira e gás não poderia perdurar; as partículas exerceram atrações mútuas, e a nuvem começou a se condensar. Em razão de uma causa qualquer, a nuvem começou também a girar. À medida que se ia condensando, a nuvem girava cada vez mais rápida — isto o Marquês de Laplace poderia provar matemàticamente —, e com o centro mais denso. Êste centro denso começou a incandescer e se tranformou no Sol, o qual ràpidamente absorveu tôdas as últimas partículas de gás e de poeira. O Sol então girava muito mais ràpidamente do que agora e era muito maior do que o nosso Sol atual.

Em virtude do rápido movimento de rotação, formou-se uma protuberância no equador solar, que finalmente foi projetada no espaço, a uma distância grosseiramente igual à do planêta Netuno ao Sol. Isto não constitui mera coincidência, porque a protuberância solar que fôra atirada no espaço veio a se contrair numa esfera, mais tarde conhecida como o planêta Netuno. Entrementes, o Sol condensou-se ainda mais, liberando outra protuberância, que veio a constituir o planêta Urano. E assim sucessivamente: Saturno foi o próximo planêta a ser formado, depois Júpiter, Marte, a Terra, Vênus, e finalmente Mercúrio. O fato de que os planêtas interiores eram muito menores do que os planêtas externos teria também uma explicação: foram projetados para o espaço por um Sol que se contraía uniformemente. *(Ver Figura 16.)*

Êste era o quadro formado no cérebro dos cientistas, e constituía um excelente passatempo matemático, como, por exemplo, calcular quando determinado planêta, digamos Júpiter, fôra formado. Uma vez que êsses cálculos eram feitos baseados em certo número de hipóteses, os matemáticos obtinham resultados diferentes. Mas, quaisquer que fôssem os resultados de sua preferência, ou mesmo se não se acreditasse em nenhum dêles, um fato era certo: Marte tinha de ser mais velho do que a Terra. Em

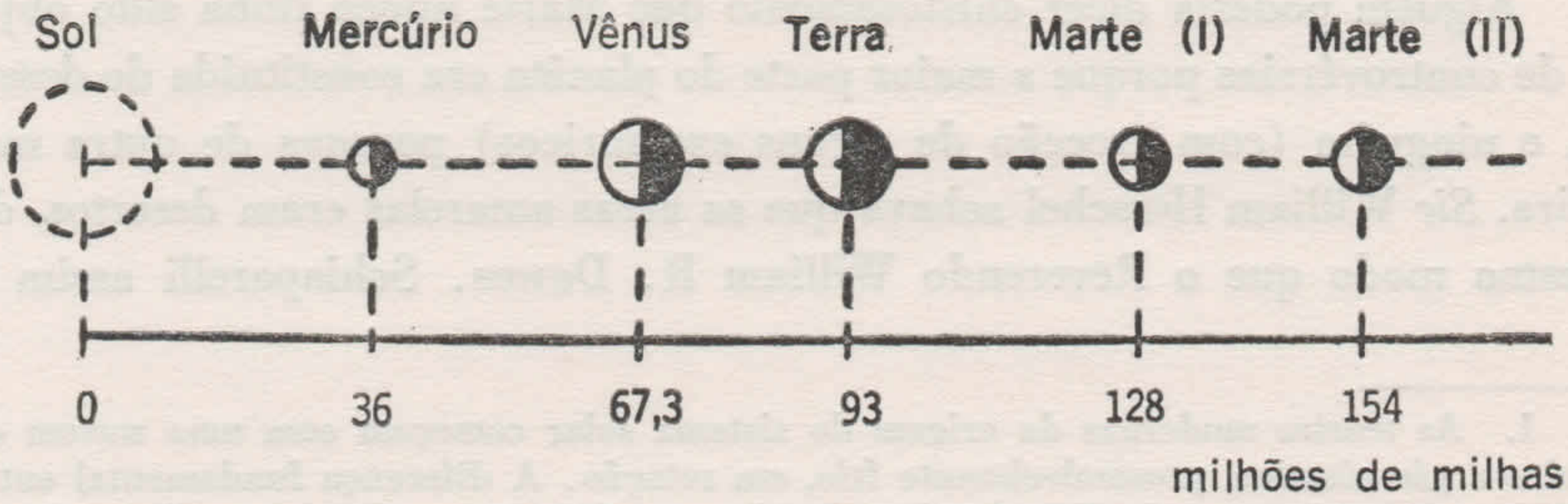


Fig. 16. A distância dos planêtas interiores, a partir do Sol. As dimensões dos planêtas estão exageradas, porém as distâncias representadas na mesma escala. Marte aparece representado pela distância no afélio e no periélio.

conseqüência, já teria passado por todos os estágios de desenvolvimento pelos quais a Terra passara e estaria passando, e agora nos dava uma demonstração do que seria a Terra no futuro. [1]

A hipótese de que Marte deve ser mais velho do que a Terra trouxe certo número de conseqüências importantes. Marte deve ter começado com uma atmosfera como a nossa, e, no transcurso do tempo, perdeu grande parte de sua atmosfera; esta seria a razão pela qual o seu ar é muito mais rarefeito do que o da Terra. Marte também teria começado com tanta água quanto a Terra, o tempo extra já consumido tendo sido suficiente para perder quase tôda a água. A atmosfera, de certo, teria sido perdida no espaço, ao passo que a água teria desaparecido pela absorção exercida pelo solo. Na realidade, tôda a água marciana ainda fazia parte do planêta, mas já teria desaparecido da sua superfície. Que a maioria de sua superfície fôsse constituída de deserto era fácil de entender, se alguém aceitasse esta seqüência de raciocínio. Se, porém, na realidade, tudo isso tivesse acontecido, evidentemente a vida no planêta vermelho também teria tido início mais cedo.

Dessa maneira, teríamos um planêta mais velho e incidentalmente menor, mostrando certo número de aspectos que nos eram familiares. Êsses aspectos eram os seguintes, pela ordem de grandeza: 1) os desertos, cobrindo cêrca de três quartos da superfície do planêta; 2) as áreas escuras, às vêzes com uma aparência cinzento-esverdeada e às vêzes com a aparência cinza-azulada, aparentando mares; 3) as calotas polares, diferindo das da Terra pelo fato de que, se esta fôsse vista de Marte, mostraria duas calotas polares brancas em qualquer ocasião, ao passo que Marte apresenta sòmente uma calota polar de cada vez; 4) manchas amarelas, e às vêzes brancas, que obscurecem aspectos bem conhecidos da superfície, evidentemente nuvens, embora seja raras; [5] finalmente, os *canali*, que são linhas longas e finas, geralmente cinzas, as vêzes esverdeadas. Êstes *canali* se faziam um mistério, porque a Terra não possuía nada de parecido com êles.

Alguém poderia dizer chistosamente que Marte nunca tinha sido objeto de controvérsias porque a maior parte do planêta era constituída de deserto, e ninguém (com exceção de alguns excêntricos) pensava de outra maneira. *Sir* William Herschel achava que as áreas amarelas eram desertos, do mesmo modo que o Reverendo William R. Dawes. Schiaparelli assim o

---

1. As teorias modernas da origem do sistema solar começam com uma nuvem de poeira e gás cósmico, presumìvelmente frio, em rotação. A diferença fundamental entre estas novas teorias e a de Kant-Laplace reside no fato de que as menores condensações na nuvem começaram ao mesmo tempo que as condensações centrais; em outras palavras, que o Sol e os planêtas devem ter virtualmente as mesmas idades. Conseqüentemente, o Sol difere dos planêtas principalmente pelo fato de ser o único corpo suficientemente maciço para iniciar uma reação atômica no interior de seu núcleo.

afirmara, e Percival Lowell concordara. E todos os astrônomos ainda acham que elas são, de fato, desertos.

Quanto ao segundo aspecto, as áreas escuras, segundo a explicação corrente, até e incluindo Schiaparelli, eram constituídas de remanescentes de mares marcianos. Mas, em 1892, o astrônomo americano William H. Pickering, observando o planêta, de Arequipa, Peru, viu um dos *canali* dentro de uma área escura; vários outros *canali* foram vistos, depois disso, por outros observadores. Isto significa, certamente, que as áreas escuras não poderiam ser oceanos, e uma antiga concepção, que teria sido formulada anteriormente, afirmando que as áreas escuras poderiam ser áreas cobertas de vegetação, foi restabelecida. Durante algum tempo, ainda se acreditou que as áreas escuras perto do Pólo Sul, chamadas *Mara australis* (*Mar do Sul*), eram na realidade um mar (e o único em Marte), porém alguns *canali* apareceram também naquela área.

O terceiro aspecto, as calotas polares, também foi motivo de discussões. Citaremos um trecho do livro *Other Worlds (Outros Mundos)*, do astrônomo americano Garret P. Service (publicado em Nova York, em 1901):

> "Desde os tempos de *Sir* William Herschel, a convicção quase universal entre os astrônomos era de que essas manchas polares de Marte se compunham de neve e gêlo, semelhantes às calotas glaciais da Terra, e não se pode vê-las pelo telescópio sem sentir o mais vivo interêsse pelo planêta ao qual pertencem, porque imprimem uma aparência muito semelhante à do nosso Globo.
>
> "Observar uma delas aparentemente se fundindo, tornando-se pereceptìvelmente menor a cada semana que se passa, enquanto a superfície geral correspondente ao hemisfério torna-se de coloração mais profunda, e exibe uma riqueza de detalhes que aumenta constantemente, à medida que o verão avança, é uma experiência das mais memoráveis, cujo efeito na mente do observador é indescritível."

Que Marte possui sòmente uma calota polar de cada vez, e que esta calota desaparece completamente à medida que a estação avança, prova uma vez mais que não há muita água no planêta. Uma calota polar que se funde completamente não pode ser muito espêssa — e isto ainda é uma opinião predominante. A única coisa que realmente sofreu alteração foi o significado da palavra "espêssa". Em 1890, provàvelmente se tinha em mente uma cobertura de neve de cem pés (30 metros) ou mais de espessura; hoje em dia, os astrônomos acham que ela não passa de algumas polegadas.

Quanto ao aspecto seguinte, as nuvens, a necessidade de uma subdivisão cedo se tornou evidente. As nuvens que cobriam grandes áreas eram amareladas, mas, ocasionalmente, nuvens de um branco intenso poderiam

ser vistas, nuvens essas muito menores. Não era difícil chegar a uma conclusão sôbre a natureza das mesmas. As grandes nuvens amareladas sem dúvida constituíam tormentas de areia e poeira, fàcilmente compreensíveis por causa das vastas áreas de deserto expostas. As pequenas nuvens brancas teriam então de ser nuvens de cristais de gêlo em suspensão, como as nossas nuvens denominadas cirros. Por outro lado, eram raras e pequenas, porque não havia muita água em Marte.

Até aqui, tudo muito bem — mas que dizer dos *canali*?

Primeiro, vamos verificar o que foi visto. Schiaparelli, escrevendo um artigo num jornal astronômico francês, *L'Astronomie* (1882, pág. 217), disse:

> "Existem neste planêta, atravessando os continentes, longas linhas negras, que podem ser chamadas *canali*, embora não saibamos o que constituem. Essas linhas ligam entre si as manchas sombrias que julgamos constituírem mares, e formam, sôbre as manchas mais claras, ou continentes, regiões com uma rêde bem definida. O desenho parece ser invariável e permanente; pelo menos, tanto quanto posso julgar pelos meus quatro anos e meio de observações. Contudo, seus aspectos e o grau de visibilidade não são sempre os mesmos, dependendo de várias circunstâncias, que as condições atuais de nossos conhecimentos não permitem explicar com segurança. Um grande número dêles, que não puderam ser vistos em 1877, foi visível em 1879, e em 1882 todos aquêles que foram vistos nas últimas oposições foram vistos de nôvo, juntamente com outros novos. Às vêzes, êsses canais se apresentam sob a forma de uma linha vaga e sombreada, ao passo que em outras ocasiões são claros e precisos, como uma linha traçada a pena. Em geral, são traçados sôbre a esfera como as linhas dos grandes círculos; alguns mostram uma curvatura lateral sensível. Cruzam-se entre si, oblìquamente ou em ângulo reto, e possuem a largura de dois graus, ou 120 quilômetros (74 milhas), e muitos têm um comprimento de 80 graus, ou 4 800 quilômetros (3 000 milhas). Suas colorações são quase iguais às dos mares, normalmente um pouco mais claras. Cada canal termina em ambas as extremidades num mar, ou em outro canal; não foi encontrado um único exemplo de um canal terminando em terra firme.
>
> "Isto não é tudo. Em certas estações, êsses canais se tornam duplos. O fenômeno parece ocorrer em determinada época, e ser produzido simultâneamente sôbre tôda a superfície dos continentes do planêta. Não houve indicações disto em 1877, durante as semanas que precederam e se seguiram ao solstício do verão dêsse

planêta. Um caso isolado apresentou-se em 1879. No dia 26 de dezembro dêsse ano — um pouco antes do equinócio da primavera, que ocorreu em Marte no dia 21 de janeiro de 1880 —, notei a duplicação do canal Nilo, entre os Lagos da Lua e o gôlfo Ceráunico. Essas duas linhas paralelas regulares e iguais me causaram, confesso, uma profunda surprêsa, e mais ainda porque uns dias antes, em 23 e 24 de dezembro, eu tinha observado cuidadosamente essa mesma região, sem descobrir nada disso.

"Esperei com curiosidade a volta do planêta em 1881, para ver se um fenômeno análogo se apresentaria no mesmo lugar, e vi as mesmas coisas aparecerem em 11 de janeiro de 1882, um mês depois do equinócio da primavera, que ocorreu em 8 de dezembro de 1881. A duplicação era ainda mais evidente nos fins de

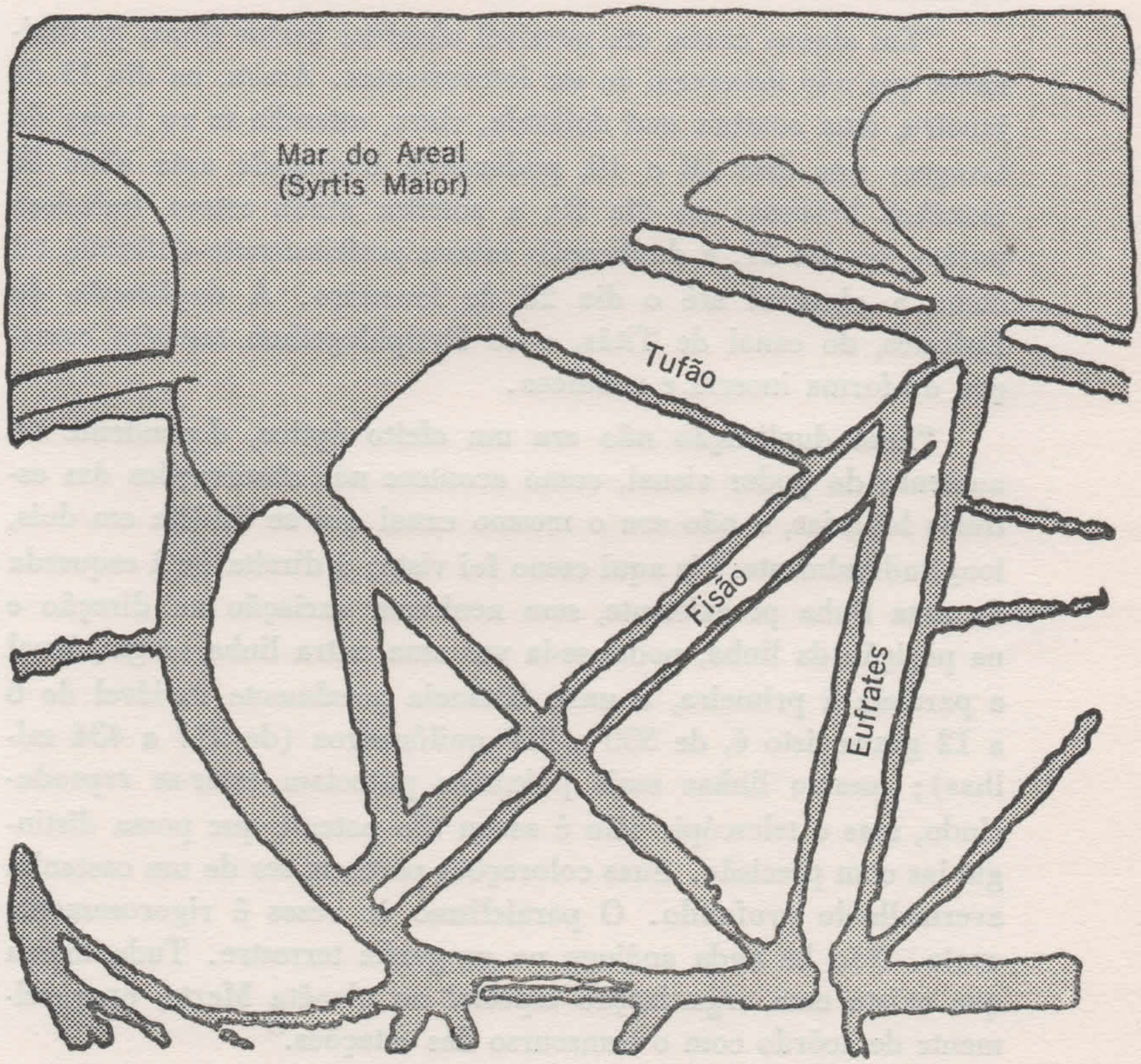


Fig. 17. Uma área de Marte, como foi desenhada em 1890, mostrando a geminação de vários canais. *Mer du Sablier* é a expressão correspondente a *Syrtis Maior*.

fevereiro. Nessa mesma data, 11 de janeiro, outra duplicação [2] já tinha aparecido, na parte média do canal Cíclope, nas imediações do Elysium. Ainda maior foi minha surprêsa quando, em 19 de janeiro, vi o canal Jamuna, que então se achava no centro do disco, formado rìgidamente de duas linhas retas paralelas, cruzando o espaço que separava o lago do Nilo do gôlfo da Aurora. A princípio, pensei que fôsse uma ilusão, causada pela fadiga dos olhos e por alguma nova espécie de estrabismo, porém tive de me render à evidência. Depois de 19 de janeiro, simplesmente passei de uma maravilha a outra; sucessivamente, o Orontes, o Eufrates, o Phison, o Ganges e uma grande parte de outros canais apareciam clara e indubitàvelmente duplicados. Havia nada menos do que vinte exemplos de duplicação, dos quais cêrca de dezessete foram observados num mês, de 19 de janeiro a 19 de fevereiro.

"Em alguns casos, era possível observar certos sinais preliminares que não deixavam de ser interessantes. Assim, no dia 13 de janeiro, uma sombra mal definida, clara, estendia-se ao longo do Ganges; nos dias 18 e 19, poder-se-ia distinguir uma série de manchas brancas; no dia 20, a sombra ainda estava indecisa; porém, no dia 21, a duplicação estava perfeitamente definida, tal como a observei até o dia 23 de fevereiro. A duplicação do Eufrates, do canal de Titãs, e do Pyriphlegethon também começou de forma incerta e nebulosa.

"Essa duplicação não era um efeito óptico, dependente do aumento do poder visual, como acontece nas observações das estrêlas binárias, e não era o mesmo canal que se dividia em dois, longitudinalmente. Eis aqui como foi visto; à direita ou à esquerda de uma linha preexistente, sem nenhuma variação na direção e na posição da linha, poder-se-ia ver uma outra linha surgir, igual e paralela à primeira, a uma distância geralmente variável de 6 a 12 graus, isto é, de 350 a 700 quilômetros (de 217 a 434 milhas); mesmo linhas mais próximas pareciam estar-se reproduzindo, mas o telescópio não é assim tão potente que possa distingui-las com precisão. Suas colorações parecem ser de um castanho avermelhado profundo. O paralelismo às vêzes é rigorosamente exato. Não há nada análogo na geografia terrestre. Tudo indica que existe uma organização especial no planêta Marte, provàvelmente de acôrdo com o transcurso das estações."

---

2. Mais tarde, Schiaparelli se referiu à duplicação como "geminação". *(Ver Figura 17.)*

Embora Schiaparelli, de acôrdo com os padrões atuais, tenha-se mostrado um tanto loquaz, transcrevemos aqui, de seu artigo, tôda a seção dedicada aos *canali,* que terminava com as seguintes palavras: "Estou absolutamente certo de tudo aquilo que observei." A razão pela qual transcrevemos todo o capítulo é tripla: em primeiro lugar, suas palavras originais foram quase esquecidas; segundo, porque, parafraseando-o, proporcionamos a oportunidade de promover um debate sôbre aquilo que êle mesmo escrevera; terceiro, a fim de mostrar aquilo que êle não tentou explicar. Quando Schiaparelli escreveu êsse artigo, já era opinião largamente difundida de que os canais resultavam da atividade de habitantes inteligentes do planêta Marte. Schiaparelli admitiu já estar familiarizado com êsses pontos-de-vista, e que não os considerava "inerentemente impossíveis".

Pessoalmente, Schiaparelli jamais aceitou a idéia de sêres marcianos inteligentes. No fim de sua vida, em 1810 (apenas cinco semanas antes de morrer), escreveu numa carta particular: "Sou de opinião que as linhas geométricas e regulares (a existência das quais ainda é negada por muitas pessoas)ainda nada nos revelou acêrca da existência de sêres inteligentes nesse planêta."

Essas eram as tradicionais e cautelosas concepções de Marte em 1890. Marte seria um planêta velho, com pouco ar e pouca água, mas perfeitamente compreensível, com exceção dos misteriosos *canali.* O resultado dessas concepões era, naturalmente, que tôdas as atenções se focalizavam justamente nessas linhas misteriosas. Não se poderia adicionar nada de nôvo e profundo sôbre os desertos ou as tormentas de areia, ou sôbre as fusões das calotas polares. Assim, se alguém quisesse dizer algo a respeito de Marte, teria de falar nos *canali.*

Várias explicações foram constantemente repetidas. A mais simples, de grande aceitação entre os observadores do norte da Europa, era que êles na realidade não existiam. Mais de uma pessoa disse algo parecido com isto: "Tenho um telescópio tão bom quanto o de Schiaparelli, ou melhor. Minha visão é perfeita e vivo observando o planêta. Nunca vi um só dos *canali;* portanto, êles não existem." Qualquer sugestão propondo explicar que o fracasso poderia ser atribuído ao clima era rejeitada com indignação; não se aceitava como ponto pacífico que o clima da Europa era melhor do que o de qualquer outro continente? Melhor pelo confôrto, sim; melhor, porém, no que se refere às observações astronômicas?

A explicação seguinte consistia em afirmar que os *canali* não eram "sulcos", mas uma cadeia de colinas, e não poderíamos ver as colinas, mas apenas suas sombras. A resposta de que os *canali* tinham sido vistos quando o Sol estava quase na vertical na parte de Marte onde êles tinham aparecido era rejeitada sob a alegação de que as sombras naturalmente, teriam desaparecido se o Sol estivesse exatamente na vertical sôbre as colinas.

O Sol, no entanto, estava *quase* na vertical; assim, as sombras eram projetadas.

As duas explicações seguintes admitiam que os *canali* fôssem depressões na superfície do planêta, mas em ambos os casos tinha-se de partir de amplas hipóteses; as explicações apresentavam a desvantagem de serem mùtuamente exclusivas. Uma facção raciocinava da seguinte maneira: Marte é um planêta mais antigo; podemos, pois, afirmar que já está inteiramente resfriado. A crosta de Marte formou-se quando sòmente a superfície do planêta estava fria, e o interior ainda quente. Mais tarde, quando o interior do planêta também se resfriou, contraiu-se de tal maneira que um espaço se formou entre o núcleo e a crosta. Isto, provàvelmente, produziu revoluções tectônicas em larga escala. Possìvelmente, tôdas as áreas escuras são regiões que se acamaram sôbre o núcleo, e os *canali* são apenas enormes fendas produzidas pelos abalos sísmicos. A razão pela qual não temos nada parecido com isso na Terra repousa no fato de que o núcleo da Terra ainda está demasiado quente, e portanto a crosta terrestre acha-se numa posição estável. Os que comungavam dessa idéia reconheciam de boa vontade que a água proveniente da fusão da calota polar era canalizada por essas fendas para as áreas baixas, produzindo o aparecimento de vegetações, e aquilo que poderíamos ver nada mais era do que um escurecimento geral do hemisfério umedecido pelas águas da respectiva calota polar.

A outra explicação veio um pouco mais tarde, depois da descoberta da radiatividade. De acôrdo com esta teoria, Marte já tinha sua crosta formada e perdido seu calor original. Porém, a radiatividade no seu núcleo continuou produzindo mais calor; em conseqüência, o núcleo principiou a se expandir. A crosta rígida não recebeu calor suficiente do interior para se expandir na mesma proporção; daí, ela simplesmente se fendeu em vários lugares, por causa da expansão do núcleo. Essas fendas seriam muito profundas, e assim pareceriam escuras quando vistas a distância. Naturalmente, qualquer condensação seria coletada nessas fendas, e a conseqüente vegetação as tornaria ainda mais escuras.

De certo, ainda havia mais uma escola. Preconizava que os *canali* haviam de ter alguma explicação; não se poderia deixar o problema em suspenso. A lógica dizia que, aqui como em qualquer outra parte, a mais simples explicação era a que melhor explicava. Uma longa cadeia de colinas não constituía nenhuma explicação, visto que não há nada semelhante na Terra. A contração ou a expansão de um núcleo planetário oferecia uma boa explicação, mas não era uma muito simples. E, visto não haver uma causa simples e natural para explicar a existência de tais linhas longas e retas, deveria haver uma causa não natural. Isto significava que alguém devia tê-las construído.

O arauto principal desta teoria foi Percival Lowell.

2. A OTIMISTA

Percival Lowell nasceu em Boston, no dia 13 de março de 1855, de uma família patrícia que dera várias personalidades notáveis. Um dos irmãos de Percival Lowell tornou-se presidente da Universidade de Harvard; sua irmã Amy veio a ser poetisa bem conhecida. Depois de formado pela Universidade de Harvard, Percival Lowell transferiu-se para o Extremo Oriente, com propósitos comerciais. Mas a atividade comercial não lhe interessava, mesmo considerando que fôsse necessária para acumular fortuna. Era um homem que só se sentia bem entre os autores clássicos, lendo-os em suas línguas originais, e seria capaz de faltar a um compromisso comercial por se achar entretido com um livro de Matemática avançada.

Enquanto se achava no Extremo Oriente, Lowell leu a respeito das descobertas de Schiaparelli e chegou à conclusão de que o assunto era de tanta importância que merecia ser investigado. Deveria haver um observatório astronômico que não se ocupasse com trabalhos de rotina, tais como observação da hora certa, confecção de almanaques ou cartas de estrêlas, ou verificando a data exata dos eclipses. Deveria haver um observatório dedicado especialmente aos planêtas — a Marte, quando estivesse na oposição; a Mercúrio, a Vênus e outros, quando Marte não pudesse ser observado. Chegando a essa decisão — e achando-se financeiramente capaz de mantê-la —, Lowell começou a pensar na localização. Sendo americano, o observatório deveria ser localizado na América, certamente. Deveria estar numa área de clima sêco, para que nuvens, nevoeiro e outras condensações atmosféricas em geral não interferissem. Bem, havia um estado a que os espanhóis primitivos chamavam de *arida zona*, onde o clima era sêco. Mas, mesmo nos climas secos, o ar perto do solo não é calmo; em conseqüência, o observatório deveria estar numa montanha. (Percival Lowell é na realidade o pai da idéia de que um observatório astronômico deve estar no tôpo de uma montanha.)

O Observatório Lowell, em Flagstaff, Arizona, foi inaugurado em 1894, ano em que se esperava uma boa oposição. O próprio Lowell era um observador infatigável, que colecionou uma quantidade incontável de croquis dos aspectos da superfície marciana. Viu os *canali* e os descreveu como sendo tão finos e tão retos que sòmente uma linha desenhada num papel com uma régua poderia ser considerada como representação correta, como se expressou. Observou a geminação dos *canali* que Schiaparelli tinha descrito, e, como Schiaparelli, verificou que um canal às vêzes "hiberna". Esta palavra foi empregada para significar que um canal bem conhecido, e já consagrado como um aspecto da superfície do planêta, de repente não pode mais ser visto e permanece invisível durante vários anos marcianos; de repente, reaparece com a mesma rapidez com que havia desaparecido. Diversos observadores notaram a existência de várias manchas escuras e

redondas na junção de alguns canais, denominando-as "lagos". Lowell verificou que, na intersecção de apenas dois ou três canais, as manchas redondas eram muito menores, denominando-as "oásis".

Percival Lowell logo concluiu que não poderia haver uma explicação que esclarecesse a origem natural daqueles canais e, portanto, êles deveriam ter sido construídos por "criaturas inteligentes, como nós, em espírito, embora não o fôssem em forma". Sua conclusão foi publicada no livro *Marte* (editado em Boston, 1895) . Em seus últimos livros [3], Lowell defendeu as mesmas idéias, apresentando novas observações e demonstrando maior entusiasmo.

Lowell estava convencido de que Marte representa o futuro da Terra, numa época remota qualquer. Quando escreveu seu último livro, a tradicional crença na teoria Kant-Laplace da origem e evolução do sistema solar já estava um tanto abalada. Pelo menos, já se duvidava de que Marte fôsse mais velho que a Terra em têrmos de milhões de anos. Porém, sendo Marte um planêta menor do que a Terra, teria "envelhecido" mais ràpidamente, podendo ser considerado mais velho quanto ao seu desenvolvimento, quando não o fôsse pela idade. Lowell observou com vivo interêsse as áreas desertas do mundo; para êle, essas áreas constituíam sinais evidentes de envelhecimento de nosso planêta. "Palestina, a terra que já foi abundante em leite e mel, mal consegue produzir péssima água", escreveu.

É fato que as áreas desertas da Terra se têm expandido desde épocas históricas remotas e que todos os nossos desertos são, geològicamente falando, de origem recente. O que Lowell não sabia então era que já houve, em longos períodos geológicos do passado, vastas extensões desertas, hoje localizadas em áreas que não mais constituem desertos. Os geólogos modernos diriam que os desertos aparentemente são o resultado de condições locais, que não indicam, necessàriamente, estar o nosso planêta envelhecendo. Mas assim pensou Lowell, afirmando já ter havido tempo em que grandes regiões do continente norte-americano estiveram ocupadas pelas águas do mar; para êle, isso vinha a ser mais uma prova de que o suprimento de água da Terra está lentamente diminuindo. É certo que a América já foi repetidamente inundada, num passado geológico, mas a conclusão tirada durante a época de Lowell não é mais aceita como fato consumado. E o fato de que o centro do continente norte-americano, o extremo oeste da Ásia — ao longo de uma linha agora representada pelo Rio Ob — e a maioria da Europa já foram, certa vez, inundados, não prova,

---

3. *Mars and Its Canals (Marte e Seus Canais)*, Nova York, 1906, e *Mars as the Abode of Life (Marte, um Planêta Capaz de Sustentar a Vida)*, Nova York, 1909. Tôdas as citações foram transcritas do último livro citado. Uma vez que só foi publicado sete anos antes do desaparecimento de Lowell, êste livro constitui suas conclusões finais sôbre Marte.

necessàriamente, que a Terra já teve mais água do que agora. As áreas inundadas eram realmente extensas, mas a água não era muito profunda. Se admitirmos a hipótese de que o Oceano Pacífico era menos profundo do que é hoje, tôda a água necessária para inundar a seção central dos Estados Unidos estaria disponível.

No entanto, os principais conhecimentos geológicos que poderiam ser citados contra Lowell ainda não existiam naquela época, e assim a razão estava com êle. De qualquer maneira, mesmo admitindo-se que as áreas escuras de Marte constituem os fundos de antigos mares, pode-se afirmar que o planêta não possuía muita água desde o princípio.

Depois de muitos anos de observação, Lowell tinha muitas coisas interessantes para contar a respeito dos canais — afirmações que ainda surpreendem e, nesse meio tempo, não foram explicadas, nem tampouco depois satisfatòriamente explicadas. Alguns canais desenhados por Lowell são surpreendentemente longos: "O Eumenides-Orcus mede 3 450 milhas desde sua origem no Phoenicis Lacus até seu término no Trivium Charontis. Enormes como são essas distâncias para linhas que se mantêm sempre retas, tornam-se mais surpreendentes ainda quando consideramos o tamanho do planêta no qual estão." Lowell prestou particular atenção à largura dos canais e afirmou que nenhum dêles jamais apresentou variações de largura, em todo o seu comprimento. Pràticamente, cada canal tinha uma largura diferente, mas, qualquer que ela fôsse, mantinha-se sempre a mesma, do princípio ao fim.

Lowell e seus assistentes aumentaram consideràvelmente a quantidade de canais da carta. "Ao terminar seu trabalho, Schiaparelli tinha anotado 113 canais; êsse número foi agora aumentado para 437 pelos que trabalham em Flagstaff."

Evidentemente, Lowell estava especialmente interessado no fenômeno da geminação:

> "Para se ter uma idéia do fenômeno, começarei selecionando um exemplo típico, ocasionalmente um dos primeiros que observei — o do grande Phison. O Phison é um canal que mede 2 250 milhas entre dois pontos importantes da superfície do planêta... Em sua longa jornada, cruza cêrca de 6 graus do hemisfério sul e cêrca de 40 graus do hemisfério norte. Em 1894, o canal foi visto pela primeira vez como uma linha simples e bem definida — não como uma linha obscura e duvidosa, mas como uma linha real e escassamente distinguível, a exemplo de qualquer outro canal singelo do planêta. Um mês marciano, ou mais, depois que ela apareceu, surgiram de repente duas linhas paralelas no lugar da linha singela de alguns meses atrás. Nem a mais leve diferença em caráter, direção e aspecto pode ser detectado entre as duas

linhas. Tão certo como um canal solitário foi visto antes, uma linha dupla agora aparecia em seu lugar.

"O estudo das linhas duplas continuou durante alguns anos em Flagstaff, e seu prosseguimento gradualmente revelou, cada vez mais, algumas de suas peculiaridades. A primeira coisa que o estudo revelou foi que a dualidade, o bilateralismo, não é um aspecto universal dos canais marcianos. Ao contrário. Não se poderia dizer, qualquer que fôsse a acepção, que seria pelo menos um atributo geral dêles. A grande maioria dos canais jamais apareceu duplicada, em nenhum momento, mostrando-se persistente e perpètuamente solitários. Dos 437 canais descobertos, apenas 51 mostraram duplicamento. Podemos, pois, concluir que menos de um oitavo de todos os canais apresenta características diferentes, nem os 51 canais são distinguíveis dos demais 386 pelo tamanho ou posição, ou por qualquer outra maneira. Não são nem maiores, nem menores, nem mais longos, nem mais curtos, nem são em nada diferentes, a ponto de poderem, num exame superficial, mostrar uma potencialidade inerente, estranha, não encontrada nos demais.

"Êste fato contradiz diretamente qualquer teoria óptica de suas formações. Se as duplicações fôssem o produto de alguma lei óptica, essa lei seria aplicada a todos os canais...

"Outro ponto a considerar é a largura das geminações — a distância entre os constituintes do par —, que não é a mesma para tôdas as duplas. Na realidade, ela varia enormemente. Temos, pois, no comêço da lista, o diminuto Djihoun, cujos constituintes não estão separados por mais de dois graus; no fim da lista, encontra-se o Nilokeras, cujos membros estão separados por 11 graus. Isto significa que temos um paralelismo de 75 milhas, no primeiro caso, e de 400 milhas no segundo. Êste fato vem de encontro a qualquer produção óptica ou ilusória das linhas; porque, se assim fôsse, as linhas teriam sempre as mesmas larguras."

Embora Lowell não pudesse determinar, pela aparência, se determinado canal iria geminar, encontrou algo verdadeiramente peculiar acêrca dos que geminavam. Pràticamente, todos êles eram encontrados na região correspondente aos trópicos da Terra; todos êles estavam localizados entre 20 graus de latitude sul e 40 graus de latitude norte, embora alguns se estendessem além daqueles limites. *(Ver Figura 18.)*

A respeito dos canais em geral, não sòmente dos canais duplos, Lowell escreveu:

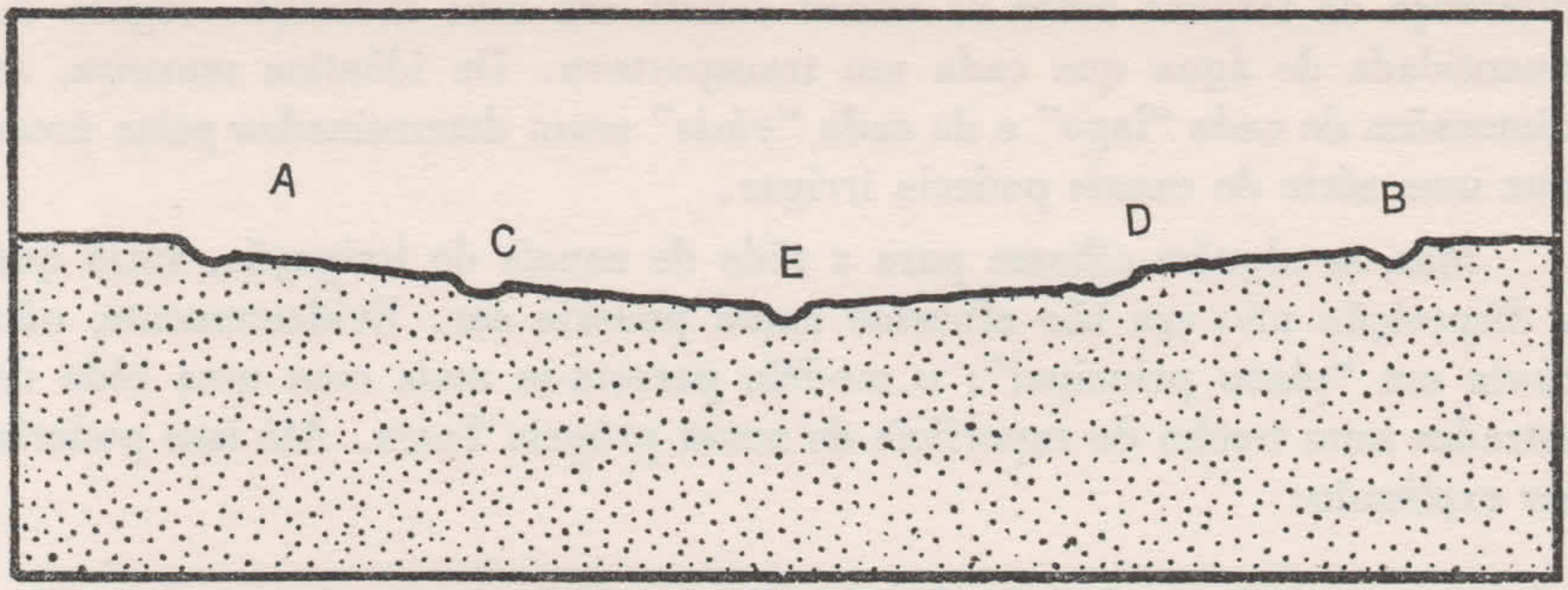


Fig. 18. Uma tentativa para explicar a geminação dos canais. Na época do suprimento normal de água, sòmente é utilizado o canal A ou B. Porém, se a água fôr abundante, ambos os canais, A e B, estarão cheios. A água então pode extravasar para os canais subsidiários — c, d, e —, proporcionando a aparência das linhas grossas desenhadas por Pickering.

"A localização é uma das mais significativas características das linhas. Elas unem entre si todos os pontos notáveis da superfície. Se conectarmos, num mapa, todos os pontos proeminentes da superfície, por meio de linhas retas, verificaremos, para nossa surprêsa, que reproduzimos a realidade. O fato de que se acham ìntimamente ligadas à topografia, por um lado, e indiferente à região, por outro, nos permite compreender seus caracteres; revela-nos que suas origens são mais antigas do que suas próprias características principais... Uma vez que os mares provàvelmente já foram na realidade mares, a superposição deve ter ocorrido quando já não mais o eram; porque, evidentemente, as linhas não poderiam ter sido impressas na água para serem lidas hoje. Temos, assim, não sòmente um dado sôbre suas origens, mas também a data em que o evento se deu. A data assinala uma era no desenvolvimento do planêta, uma era subseqüente a qualquer uma já atingida pela Terra. Isso explica a dificuldade que temos em compreendê-las, porque nada temos na Terra que se assemelhe a elas."

Lowell tinha muitas razões para acreditar que os canais fôssem artificiais. De certo, não podemos vê-los, dizia êle, especialmente porque não são como os canais construídos para transportar mercadorias. Êle, na realidade, acreditava que provàvelmente os canais seriam cobertos com alguma coisa que diminuísse a perda da água pela evaporação. O único objetivo dos canais era a irrigação da terra, e o que vemos nada mais é do que a vegetação alimentada pelas águas dos canais invisíveis. Que a

diferença de largura entre os vários canais era uma indicação segura da quantidade de água que cada um transportava. De idêntica maneira, as dimensões de cada "lago" e de cada "oásis" eram determinadas pelas áreas que uma série de canais poderia irrigar.

Mas, se alguém olhasse para a rêde de canais de irrigação, veria que a disposição não era tão eficiente como poderia ser. Evidentemente, não havia um "plano principal"; o modêlo parecia-se mais com uma rêde de estradas num trecho da superfície de nossa própria Terra. Até isso poderia ser explicado:

> "O suprimento de água de um planêta não desaparece assim num momento. Bem antes de seu desaparecimento total, as necessidades locais forçam a procurar os suprimentos distantes. Deve ter acontecido com Marte o mesmo que acontece com as nossas grandes cidades modernas, que vão canalizar um rio ou um lago distante para suprir-se de água. Provàvelmente a procura, no princípio, não ia longe, e passou despercebida. À medida, porém, que a água escasseava, a procura ia-se alongando, até atingir os pólos... Isto não foi feito num dia, o que torna cada vez mais clara a origem artificial dos canais."

William Pickering já foi mencionado como sendo o primeiro a ver um canal numa área escura. Pickering, também bostoniano, e apenas três anos mais môço que Lowell, formou-se pelo Instituto de Tecnologia de Massachusetts; tornou-se membro do Instituto, e mais tarde se transferiu para o Departamento de Astronomia da Universidade de Harvard, indo, finalmente, para Arequipa, a fim de trabalhar no observatório que a Universidade de Harvard mantém lá. Pickering era tão assíduo observador de Marte quanto Lowell, e às vêzes tão ousado como Lowell em suas explicações e previsões. Quanto a Marte, porém, os dois não estavam de acôrdo.

Um ano depois da morte de Lowell — Pickering ainda estava bem vivo —, um astrônomo americano, Campbell, imaginou um modo de abordar o problema dos canais por uma espécie de confronto entre Pickering e Lowell. Ambos eram bons observadores, embora seus croquis apresentassem, pelo menos, diferenças na maneira de desenhar. Às finíssimas linhas de Lowell, correspondiam linhas largas, às vêzes quase borrões, de Pickering. Campbell, examinando os trabalhos dos dois astrônomos — representando duas décadas de trabalhos sôbre Marte — produziu uma excelente comparação, publicada em 1918 pela Sociedade Astronômica do Pacífico (Astronomical Society of the Pacific).

A seguir, damos um excerto da comparação:

GEOMETRIA

Êles indubitàvelmente seguem "os grandes círculos", ou são combinações ou porções dos "grandes círculos".

A maioria dos canais apresenta uma curvatura que não combina com com os "grandes círculos"; muitos são demasiadamente curtos e demasiadamente largos.

LARGURA

Linhas finas, de 25 a 30 milhas de largura, muitas vêzes mesmo mais finas (12 a 20 milhas).

"Traços" cinzentos de considerável largura, entre 100 e 250 milhas, algumas ainda mais largas.

GEMINAÇÃO

Verificamos que apenas um oitavo dos canais geminava. A distância entre os dois componentes variava de 100 a 120 milhas.

Ocasionalmente vistas durante alguns segundos, depois apareciam como duas linhas paralelas muito finas, separadas cêrca de 60 milhas. Quando a visão é boa, a geminação não aparece; pode ser atribuída a influências atmosféricas.

ALTERAÇÕES DOS CANAIS

Variações de posições dos canais não acontecem! Há mais canais do que se supõe, e às vêzes vêem-se uns e outros.

Podem-se ver, numa área, canais que correm na direção norte-sul, e no ano seguinte, na mesma área, os canais correm na direção leste-oeste. As variações dos canais são de várias milhas, cêrca de 15 milhas por dia.

A água, conseqüência da fusão das calotas polares, desce para o equador, permitindo o crescimento de vegetação. Uma vez que a água cruza o equador, e como isso não acontece na Terra, somos forçados a concluir que os canais são artificiais. A água corre com a velocidade de cêrca de duas milhas por hora.

Os "canais" constituem traços de precipitações. Marte, como a Terra, possui um cinturão de baixa pressão em redor do equador, e a atmosfera contém considerável quantidade de vapor dágua. Na primavera e no verão, o pólo constitui uma área de alta pressão. Conseqüentemente, os ventos sopram do "pólo quente" para o "pólo frio". Em virtude da rotação do planêta, os ventos são desviados, não cruzando o equador.

Os dois observadores, pode-se concluir tristemente, poderiam estar-se referindo a dois planêtas completamente diferentes — a comparação tentada por Campbell não resolveu o problema.

Na realidade, o problema ainda não está decidido. A lista dos astrônomos que jamais conseguiram ver um "canal", considerando-os ilusão de óptica ou fadiga ocular e que tiveram de reconsiderar seus pontos-de-vista, porque de repente viram um canal, é consideràvelmente longa. É impossível fugir à conclusão de que os canais podem ser vistos quando Marte está numa boa oposição e quando a atmosfera é excepcionalmente clara e tranqüila. Deve haver qualquer coisa em Marte que forma as linhas retas, ou que pelo menos aparentam ser linhas retas, quando vistas a distância. *(Ver Figura 19.)*

Pelo menos, agora ninguém arriscará sua reputação científica tentando explicá-las.

3. A CÉPTICA

Svanté August Arrhenius nasceu em Wijk, perto de Upsala, na Suécia, em 19 de fevereiro de 1859. Desde a escola primária até a universidade, foi sempre o primeiro aluno, além de ser também sempre o mais jovem. Enquanto cursava a universidade, passou a interessar-se pelas relações entre a corrente elétrica e as reações químicas, campo agora conhecido por eletroquímica, e que então não existia.

No entanto, já se sabia, naquele tempo, que a água pura não conduz a corrente elétrica; que a água salgada conduz eletricidade; e a água açucarada, não. Arrhenius propõe-se saber a razão disso, concluindo que

os átomos das substâncias que permitem à água conduzir eletricidade forçosamente teriam de possuir, êles mesmos, uma carga elétrica. Esta idéia era tão nova que os professôres se recusaram a aceitá-la, e, quando Arrhenius se inscreveu como doutorando, surgiu um problema. O jovem estava defendendo uma tese impossível, mas, quando dissertou, o fêz dentro dos mais rígidos estilos acadêmicos e científicos, e da tradição. E o exame oral de quatro horas deixou bem claro que êle conhecia sua química. Os professôres transigiram com suas consciências científicas, conferindo-lhe o doutorado, porém com certas restrições. Arrhenius apenas conseguiu ser aprovado.

Enquanto os professôres de Arrhenius se mostravam pessoas desinteressadas, o grande Wilhelm Ostwald, na Alemanha, concordava com êle, e, seis anos depois do longo exame, a radiatividade foi descoberta. Agora já era concebível que um átomo possuísse uma carga elétrica; essa era a

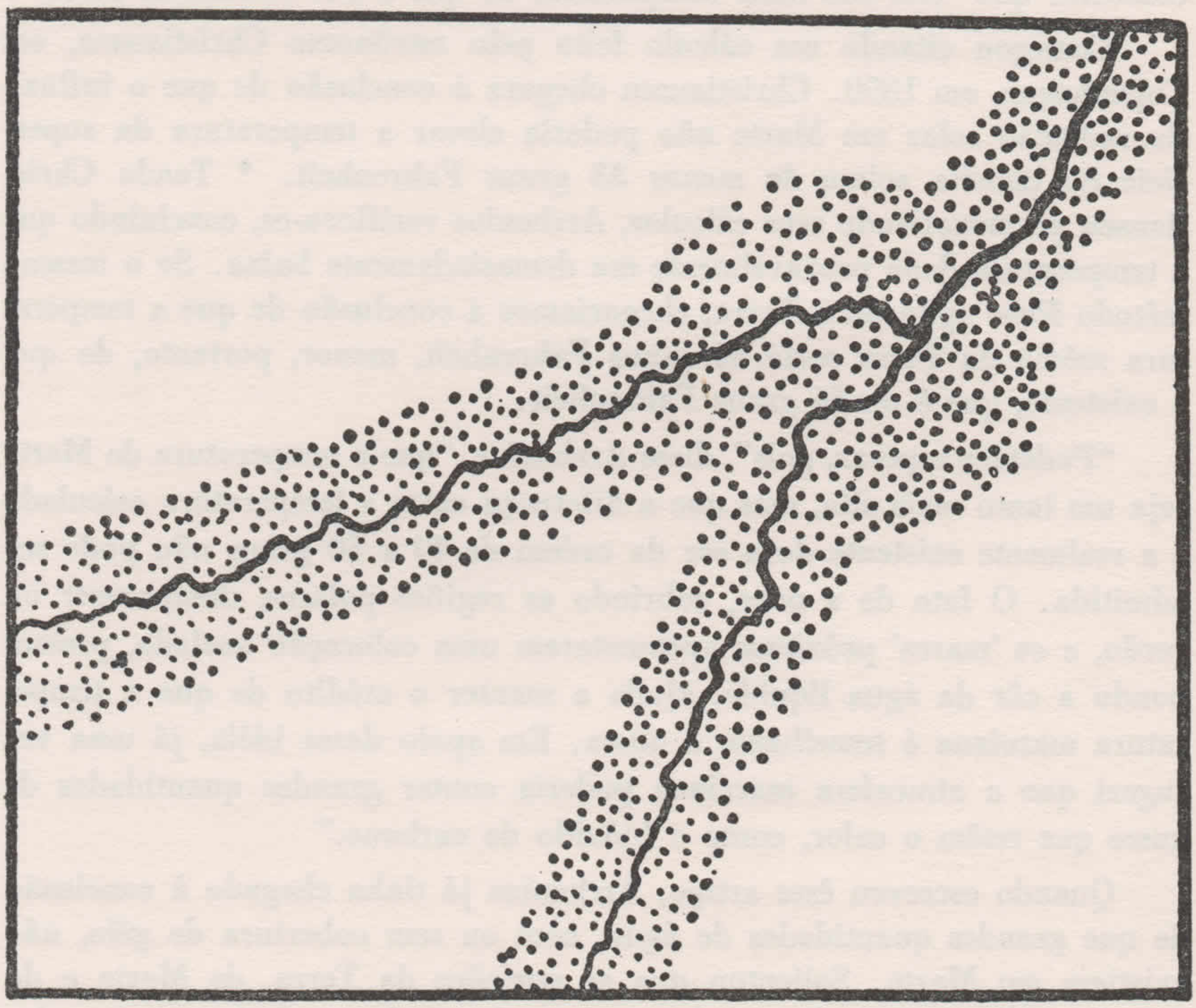


Fig. 19. Uma explicação de como os canais podem parecer linhas retas. Partindo da hipótese de que os canais sejam rios, que se conservam secos durante a maior parte do ano, ou fendas produzidas por tremores de terra, seriam invisíveis da Terra. Mas a vegetação crescente "retificaria" tôdas as irregularidades, e para nós daria a impressão de dois canais fazendo junção num oásis.

grande novidade química de 1890. Cinco anos mais tarde, Arrhenius tornou-se professor, e em 1903 foi agraciado com o Prêmio Nobel de Química pela mesma tese que fôra relutantemente aceita 19 anos antes.

Entrementes, Arrhenius contribui com outras idéias, tôdas elas novas e brilhantes. Não é de admirar que tudo quanto Arrhenius dissesse fôsse escutado com muita atenção. Interessado na História da Astronomia, Arrhenius foi-se lentamente dedicando a esta ciência. A partir de seu famoso livro *The Destinies of the Stars (O Futuro das Estrêlas)* (original sueco publicado em 1915; tradução americana publicada em 1917), muitos americanos nem ao menos sabem que Arrhenius era, sobretudo, um químico.

Arrhenius meditou sôbre as condições do planêta Marte durante muitos anos, e em 1910 publicou suas conclusões, escrevendo na revista científica popular alemã *Kosmos*. Como era de esperar de um químico, explicou os fenômenos observados à luz da química, induzindo o velho Schiaparelli a comentar que "êles são mais complicados do que o Dr. Arrhenius pensa".

Começou citando um cálculo feito pelo astrônomo Christiansen, em Copenhague, em 1890. Christiansen chegara à conclusão de que o influxo da radiação solar em Marte não poderia elevar a temperatura da superfície do planêta acima de *menos* 33 graus Fahrenheit. * Tendo Christiansen pormenorizado seus cálculos, Arrhenius verificou-os, concluindo que a temperatura dada provàvelmente era demasiadamente baixa. Se o mesmo método fôsse aplicado à Terra, chegaríamos à conclusão de que a temperatura média da Terra seria 44 graus Fahrenheit, menor, portanto, do que a existente, que é de 66 graus Fahrenheit.

"Podemos esperar, pois", disse Arrhenius, "que a temperatura de Marte seja um tanto mais alta, mas que a diferença entre a temperatura calculada e a realmente existente deva ser da ordem de 40 a 50 graus não pode ser admitida. O fato de a neve, cobrindo as regiões polares, desaparecer no verão, e os 'mares' próximos apresentarem uma coloração azulada, pressupondo a côr da água líquida, ajuda a manter o crédito de que a temperatura marciana é semelhante à nossa. Em apoio dessa idéia, já uma vez sugeri que a atmosfera marciana poderia conter grandes quantidades de gases que retêm o calor, como o bióxido de carbono."

Quando escreveu êsse artigo, Arrhenius já tinha chegado à conclusão de que grandes quantidades de água, com ou sem cobertura de gêlo, não existiam em Marte. Salientou que as posições da Terra, de Marte e do Sol têm sido, muitas vêzes, tais que um observador poderia ver os raios solares refletidos nos oceanos marcianos, mas que jamais alguém teria

---

* Para transformar em centígrados: $C = \frac{5}{9} (F - 32)$ (Nota do Tradutor)

visto isso, quer acidentalmente, quer estivesse particularmente interessado em vê-lo.

Em seguida, citou vários trabalhos americanos, levados a efeito em 1908, pelos quais tentou-se obter uma estimativa do conteúdo de vapor d'água da atmosfera marciana, buscando-se, assim, calcular a temperatura em função dessas quantidades de vapor d'água. E. C. Slipher, trabalhando no Observatório Lowell, concluiu que o teor de vapor d'água próximo da superfície de Marte era de cêrca de 2,1 gramas por metro cúbico. Êste teor, num clima úmido perto da orla marítima, indicaria uma temperatura de cêrca de 14 graus Fahrenheit, mas, num clima muito sêco de deserto, o mesmo teor indicaria 42 graus Fahrenheit. Campbell, porém, efetuando medidas semelhantes durante a mesma oposição, do tôpo do Monte Whitney, na Califórnia, obteve valôres que representavam apenas um têrço dos obtidos por Slipher.

"Meus cálculos", continuou Arrhenius, "baseados nas medições de Campbell, indicam que o teor de vapor d'água deve ser 0,4 de grama por metro cúbico, ou um pouco menos. Isto significa que a temperatura num deserto sêco estaria em tôrno de 2 graus Fahrenheit. Isto é verdadeiro para o solstício de verão de Marte, e é provável que represente a temperatura média do pleno dia. Esta representa 35 graus mais do que a temperatura média de Marte obtida pelos cálculos de Christiansen. O valor da temperatura média da Terra, em julho, é de cêrca de 82 graus, e o valor obtido por Christiansen é de 44 graus. A diferença, portanto, é de 38 graus Fahrenheit, quase a mesma diferença entre Christiansen e Campbell para o planêta Marte; esta semelhança fala em favor dos cálculos baseados nas conclusões de Campbell."

Arrhenius continuou, dizendo que a diferença de temperaturas do ar de um deserto, tomadas durante o dia e durante a noite, podem fàcilmente chegar a 60 graus Fahrenheit, ao passo que a temperatura do solo pode mostrar uma diferença duas vêzes maior. "Portanto, é inteiramente impossível que a temperatura do solo possa subir a um grau razoàvelmente acima do ponto de fusão da água; isto, combinado com a baixa pressão do ar, que Lowell calculou ser igual a um doze avos da da Terra, pode causar uma rápida evaporação, ou mesmo a fusão da neve."

Uma vez chegado à conclusão de que as temperaturas são baixas, Arrhenius assim o afirmou, com as seguintes palavras: *Marte é, sem dúvida, um planêta morto*. Mas, mesmo convencido dêstes aspectos peculiares, Arrhenius teria de explicar de algum modo aquilo que tinha sido visto pelos observadores.

Começando pelos desertos, afirmou que eram, sem dúvida, velhos, mesmo quando medidos pelos padrões geológicos de um milhão de anos. Em virtude da idade avançada, substâncias meteóricas tiveram tempo de ser acumuladas nesses desertos:

"Os meteoritos contêm grandes quantidades de ferro; alguns dêles consistem de ferro quase puro. Depois que estas partículas meteóricas chegaram a Marte, foram oxidadas pelo oxigênio da atmosfera marciana. Êste processo produziu óxido de ferro, substância que assume côres diversas, de acôrdo com o tamanho do grão.

"As poeiras mais finas possuem uma coloração amarela; as de maiores grãos exibem côres ocre-laranja-avarmelhada, bem conhecida, que constitui a característica do planêta Marte... As peças maiores são simplesmente vermelhas, e os cristais maiores mostram nuanças violetas. Quanto maior fôr o grão, mais escura será a sua côr; o umedecimento dos cristais atua como se os mesmos fôssem aumentados. Muitas vêzes foram observados pormenores de grandes áreas da superfície marciana encoberta por um véu amarelo, evidentemente poeira dos desertos carregadas pelos ventos; êste também era o ponto-de-vista de Lowell. É claro que o ar rarefeito só pode transportar a finíssima poeira amarela, e raramente poeira avermelhada.

"Quando um canal que havia desaparecido aparece de nôvo, com muita freqüência vê-se, como disse Schiaparelli, uma linha vermelha nas imediações róseas. Evidentemente, a areia do deserto foi umedecida antes que a côr verde escura típica do canal se tornasse visível. Em outras ocasiões, pode-se ver que a área está coberta por uma névoa cinzenta; mais tarde, quando a névoa desaparece, os canais podem ser vistos. Sem dúvida, os canais estão localizados nas baixadas, onde o nevoeiro frio flutua, como acontece na Terra. Mais uma vez, uma leve umidade produz um 'canal'; isto não necessita de grandes quantidades de água."

Como outros, Arrhenius explicou o escurecimento como um processo da umidade; outros, porém, achavam que a umidade produz o aparecimento de uma vegetação do deserto, ao passo que Arrhenius tentou explicá-lo por meios puramente químicos. O raciocínio foi o mesmo, ao tratar das áreas pardacentas:

"Os lagos formados nas baixadas são, como os lagos desertos da Terra, muito rasos, com água muito salgada. Amiúde, êles secavam completamente. Quando isso acontece, os sais relativamente insolúveis são depositados, inicialmente ao longo das margens. Tendo em conta a baixa temperatura, os sais devem ser sulfatos e carbonatos. Mais no interior dos lagos, cristais de sal comum e de clorato de magnésio são formados; nos lugares mais profundos, o sal higroscópico, clorato de cálcio, se cristaliza, final-

mente. Mas a secagem poderia também ser causada pelo resfriamento... Soluções salinas como estas só se congelam a temperaturas bem abaixo do ponto de congelação da água. O ponto de congelação para uma solução saturada de sal comum é da ordem de menos 8 graus Fahrenheit, e o de uma solução saturada de clorato de cálcio é de menos 67 graus Fahrenheit. Quando tais soluções são congeladas, formam cristais de gêlo ou cristais dos sais; em outras palavras, a superfície não é lisa... Os chamados 'oásis' provàvelmente assemelham-se às estepes salgadas, grandes planícies de solo fortemente salgado."

Arrhenius acentuou a existência de cadeia de colinas, e tais colinas poderiam impedir o fluxo de água líquida proveniente da fusão, ou melhor, da evaporação das calotas polares. Mas, se a condensação proveniente da calota polar se deslocasse sob a forma de nevoeiro, ou possìvelmente de cristais de gêlo transportados pelo ar, as colinas baixas não interfeririam com o fluxo.

Por conseguinte, a concepção geral de Marte, vista por um grande químico, era: um mundo, onde a temperatura não se elevava acima do ponto de congelamento da água, a não ser localmente. Um mundo com muito pouca água que, mesmo considerada no estado líquido, é muito salgada. Porém, a leve umidade que deve existir é suficiente para fazer variar a côr de certos cristais.

Nem vegetação, nem marcianos, nem vida de qualquer espécie — "indubitàvelmente, um mundo morto".

4. A FANTÁSTICA

Mesmo antes de Arrhenius publicar o artigo em que considerava Marte um mundo extinto, outro europeu já tentara encontrar uma explicação para os aspectos observados sem a participação de marcianos dotados de inteligência. Seu nome era Adrian Baumann, e seu livro apareceu em Zurique, Suíça, em 1909. Não conseguimos encontrar muitos elementos sôbre Baumann. Não sabemos se era, por exemplo, um climatologista, um geólogo ou um "filósofo". De qualquer maneira, seu trabalho consistiu em inverter a maioria dos raciocínios anteriores.

Marte era um mundo frio; a temperatura raramente se elevava acima do ponto de congelação da água, a não ser localmente. Porém, o ponto mais importante, frisava Baumann, estava em que Marte não era um mundo frio sòmente agora. Sempre fôra frio. Em conseqüência, sua água nunca se perdera pela infiltração no interior do planêta, porque sempre estivera congelada, com exceção de alguma fusão de pouca importância na superfície, em raras ocasiões. Portanto, Marte teria pelo menos tanta água

quanto a Terra. As áreas denominadas continentes por Schiaparelli eram oceanos congelados de água doce — tendo em vista que tôda a água sempre estêve congelada, nunca houve rios que removessem os sais e os transportassem para o mar, tornando-o salgado —, com algumas ilhas de permeio. Tôdas essas ilhas eram de origem vulcânica, e alguns vulcões ainda estavam ativos. Quando em erupção, produziam as nuvens amarelas rotuladas de tempestade de poeira por Schiaparelli e outros. Certamente, as nuvens vulcânicas eram depositadas, depois de algum tempo, cobrindo os oceanos congelados; e por isso êles se assemelhavam a desertos.

Os verdadeiros continentes de Marte eram as áreas escuras; pareciam escuras por causa da vegetação que se adaptara a um clima frio, como a vegetação das tundras siberianas. Era até mesmo possível que a vida animal, semelhantemente adaptada, existisse naquelas áreas. Quanto às calotas polares e às nuvens brancas, tratava-se de cristais de gêlo; as nuvens consistiam em cristais de gêlo, mas não se poderia dizer se as calotas polares eram apenas um depósito de geada no solo ou simplesmente uma acumulação de nuvens brancas. (Deve ser frisado aqui que a calota polar de Marte, em virtude do contraste produzido pelo branco ofuscante contra o fundo negro do firmamento e das áreas pardacentas contíguas, muitas vêzes parece destacada do planêta. Esta ilusão óptica é sobremaneira pronunciada nas fotografias.)

Os canais são fendas no gêlo, produzidas por fortes erupções vulcânicas no passado. Uma vez formadas, as fendas tornaram-se permanentes, porque não havia fusões, e por fôrça da pequena precipitação atmosférica; a neve que cai, de vez em quando, não é suficiente para enchê-las. Evidentemente, a poeira proveniente das erupções vulcânicas também cai nas fendas, mas, sendo estas profundas, as poeiras desaparecem, perdendo-se de vista.

5. A RECENTE

A crença em marcianos dotados de inteligência foi lentamente desaparecendo depois da Primeira Guerra Mundial, mas não é devida a alguma teoria específica, como a de Svanté Arrhenius, ou a alguma específica descoberta. Rememorando o passado, parece que os astrônomos finalmente se cansaram do problema; todos os argumentos pró e contra foram publicados dezenas de vêzes, e nenhuma novidade poderia mais ser acrescentada. Não se pode negar que ainda hoje persiste certa nostalgia em favor de marcianos inteligentes. Há apenas um ano, um cientista (um biologista, não um astrônomo) escreveu-me uma carta pessoal, na qual dizia, lamentando-se, "que muitas coisas sôbre Marte poderiam ser explicadas com mais propriedade, se alguém ainda pudesse admitir a possibilidade da existência de habitantes inteligentes".

Evidentemente, a idéia de que os canais poderiam ter sido o resultado de atividades de sêres nacionais, em determinada época passada, já ocorrera a muita gente. O raciocínio seguia aproximadamente a linha expressa por Lowell, porém, um pouco mais avançada. Suponhamos que em determinada época do passado os marcianos tivessem começado a economizar seu suprimento d'água, terminando com a rêde descrita por Lowell. Mas agora parece claro que não há água suficiente nem mesmo para encher o sistema de canais. Isto significaria que, quando olhamos para os canais, contemplamos as ruínas de um antigo povo; os marcianos teriam finalmente sucumbido à sêca universal, mas sua obra sobreviveu. Outros, raciocinando de igual maneira, não estavam dispostos a subscrever a idéia de que "pessoas" — não há outra palavra para descrevê-los melhor — que tivessem evoluído a ponto de construir um sistema de irrigação em todo o planêta simplesmente desaparecessem. Poderiam estar reduzidas em número, mas deveriam ter inventado tudo o que inventamos, e mais alguma coisa. Teriam deixado seu planêta em naves espaciais e viajado para outras regiões? Sem dúvida, não viajaram para a Terra, provàvelmente por ser a Terra "demasiadamente úmida" para elas (elas viveram em condiçõs de sêca durante milênios). Ou foram viver, literalmente, no subsolo, construindo cidades subterrâneas, dotadas de reguladores de pressão e de temperatura, para ajustá-las às suas preferências?

Tôdas essas concepções foram escritas e publicadas em uma ou outra ocasião.

Embora os escritores se comprazessem em tais especulações, os astrônomos, ou seja, os interessados nos planêtas do nosso sistema solar (êles constituem uma pequena minoria) prosseguiam em seus estudos com determinação, tentando descobrir se as áreas escuras pelo menos consistiam em vida vegetal. Uma das primeiras medições executadas depois da Primeira Guerra Mundial revelou-se bastante promissora. Houve a excelente oposição de 1924 e novos instrumentos e métodos foram preparados especialmente para Marte, pelos astrônomos que constituíam a equipe do observatório fundado por Lowell. Os novos métodos permitiam medir a temperatura da superfície do planêta. Os resultados foram publicados pelo Bureau of Standards (Publicação Científica n.º 512, 1925), os quais teriam surpreendido Arrhenius. A temperatura da superfície ao nascer do sol era *menos* 49 graus Fahrenheit; a temperatura ao meio-dia perto do equador marciano estava situada perto do ponto de congelação da água e de 14 a 41 graus Fahrenheit nas áreas desérticas, porém de 50 a 68 graus nas áreas escuras. A temperatura ao pôr do sol (numa região equatorial) baixava para 32 graus. Considerando que essas temperaturas foram medidas de fora, através da atmosfera marciana, poder-se-ia calcular que a temperatura real seria alguns graus mais elevada. Essa temperatura seria suficientemente cálida para permitir que certas plantas especialmente adaptadas medrassem. Cêrca

de vinte anos mais tarde, foi observado o aparecimento de uma nova área escura, algo maior do que o Estado do Texas. Aparentemente, Marte não era tão morto como se supunha.

Mas então surgiu a pergunta sôbre se seria aceitável a idéia de considerar as áreas escuras como áreas contendo vegetação, sòmente porque assim eram tradicionalmente consideradas. A resposta, uma simples resposta, coube a um astrônomo estoniano, Ernest Opik. As áreas escuras são freqüentemente cobertas por uma poeira amarela, levada pelo vento, desaparecendo, portanto. Depois, no entanto, de duas semanas, ou mais, elas reaparecem, novamente escuras. Se o escurecimento das áreas fôsse de origem mineral, disse Opik, as áreas permaneceriam cobertas. Porém as plantas simplesmente cresceriam, rompendo a fina camada de poeira.

Apesar de essa teoria ser geralmente considerada verdadeira, ainda havia margem para dúvidas. Se as áreas escuras fôssem constituídas de lavas de basalto, não se manteriam cobertas pela poeira. Um dia ventoso seria o suficiente para removê-la, como acontece aqui na Terra.

Certa vez alguém julgou haver obtido provas espectrográficas de substâncias que são produzidas exclusivamente pelas plantas. Outros químicos, familiarizados com os métodos espectroscópicos, afirmaram que aquilo bem poderia ser o resultado de um engano, citando numerosas questões técnicas. Dessa maneira, nem isso constituía prova.

Entretanto, outras idéias foram sugeridas. Em 1955, Dean B. McLaughlin publicou um ensaio, no qual tentou explicar que, pelo menos, algumas das áreas escuras seriam depósitos de cinzas vulcânicas. Lowell já salientara que as áreas escuras de Marte apresentam uma curiosa semelhança com os continentes da Terra. Todos os continentes, com exceção da Antártida, possuem uma forma triangular, ou, como no caso da Austrália, pelo menos uma ponta triangular — neste caso, a Tasmânia. Isto não poderia ser considerado, em si mesmo, como fora do comum, a não ser que tôdas as pontas se encontrassem no hemisfério sul dos continentes; todos os triângulos apresentam o vértice do ângulo apontando para o Pólo Sul. As áreas escuras de Marte também apresentam formas triangulares, também apontando para a mesma direção; porém, no caso de Marte, os vértices triangulares dirigem-se para o Pólo Norte.

Dean McLaughlin formulou a hipótese de que as pontas das áreas escuras de Marte poderiam ser vulcões ativos, e que as formas triangulares poderiam ser causadas pelas cinzas e escórias transportadas pelo vento. Fortaleceu seus argumentos chamando a atenção para o fato de que as áreas escuras são mais escuras nas suas extremidades e que a côr torna-se gradualmente menos acentuada à medida que se afasta da extremidade. Isso não deixava de ser uma idéia divertida, mas o interêsse despertado não durou muito. Os meteorologistas não podiam conceber que os ventos

soprassem tão persistentemente numa única direção, a ponto de não espalharem as cinzas vulcânicas também em outras direções. E o argumento de que as cinzas vulcânicas, quando cobertas por uma tempestade de poeira, conservar-se-iam cobertas, foi trazido à baila imediatamente. Ainda mais radical do que a teoria das cinzas vulcânicas de Dean McLaughlin foi a apresentada em 1906, que lembrava as teorias de Arrhenius; era mais uma tentativa de explicar as variações do planêta à luz das interações químicas. Os autores da teoria foram os Drs. C.C. Kiess, Harriet K. Kiess e C. H. Corliss, e seus raciocínios se baseavam na estimativa corrente da composição de atmosfera marciana. Supunha-se que esta se compunha de 98% de nitrogênio, 1% de argônio, menos de 1% de dióxido de carbono e traços de oxigênio e de vapor d'água. O tetróxido de nitrogênio apresenta uma coloração branca-calcárea; as calotas polares, portanto, seriam formadas por êste composto. As ondas de escurecimento produzidas pelas estações do ano — as "ondas escuras" de Schiaparelli e Lowell — tinham explicação na expansão do venenoso e pesado tetróxido de carbono. Nuvens de cristais desta substância seriam muito brancas; são as nuvens brancas. O calor do Sol, porém, transforma o tetróxido de nitrogênio em dióxido de nitrogênio, substância de côr amarela, constituindo as nuvens amarelas. Como todos os óxidos de nitrogênio são venenosos, tôdas as formas de vida do planêta Marte teriam sido eliminadas. No caso da teoria de McLaughlin, ainda seria possível a coexistência de cinzas vulcânicas e vida vegetal; na realidade, elas se coadunam muito bem, uma vez que as cinzas vulcânicas são férteis. Porém, a teoria Kiess-Kiess-Corliss era de caráter totalitário; se houvesse composto de nitrogênio, não poderia haver mais nada.

Esta concepção não despertou muito entusiasmo.

Por coincidência, justamente nessa mesma época certos trabalhos russos sôbre o planêta Marte foram divulgados, trabalhos êsses levados a cabo pelo velho Professor G. A. Tikhov e seus colaboradores.

Se alguém aceitasse as áreas sombrias como sendo cobertas pela vegetação, tal era o caso da maioria dos astrônomos, teria de vencer um pequeno obstáculo, considerado sério por alguns e sem importância por outros. As plantas marcianas refletiam a luz solar, a mesma luz solar refletida por nossas plantas. Mas as plantas marcianas refletiam-nas de maneira diferente. Nossas plantas refletem a luz visível de determinado comprimento de onda, *mais* os raios infravermelhos invisíveis (calor). As plantas marcianas refletiam sòmente algumas ondas de luz visível. Se alguém considerar êste fato como de pequena importância, apenas teria que dizer: "Bem, as plantas marcianas são diferentes das plantas terrenas." Se, por outro lado, isto fôr considerado como um fato importante, ficará na dúvida se realmente haverá plantas em Marte.

Tikhov sabia disto, certamente. Na realidade, reuniu indícios de que a reflexão era diferente, ficando intrigado pelo fato. Posteriormente, alguém sugeriu que a diferença poderia ser causada pelo fato de que as plantas da Terra — em geral, as florestas — utilizadas para comparação eram plantas de climas temperados; naturalmente, os astrônomos utilizaram as florestas circunvizinhas aos seus observatórios. Tikhov então resolveu investigar as plantas de clima frio, plantas dos altos planaltos do Pamir e das tundras do norte siberiano. Verificou que as plantas de clima frio refletem a luz como as plantas marcianas. Elas não poderiam refletir os raios infravermelhos, porque havia muito frio. Naturalmente, as plantas marcianas ainda menos poderiam desperdiçar raios infravermelhos.

Por volta do ano de 1960, tornou-se evidente que as pesquisas sôbre Marte teriam chegado a um limite impôsto pelos instrumentos assestados da Terra. Para obter mais algum avanço, seria necessário investigar Marte com instrumentos que não fôssem prejudicados pela nossa atmosfera.

Uma câmara astronômica, em órbita ao redor da Terra, acima de nossa atmosfera, para tirar fotografias de Marte, juntamente com outras medições, foi encarada como uma boa possibilidade. A outra possibilidade seria enviar a Marte uma sonda espacial para fotografar o planêta.

5

Mariner Para Marte

A MISSÃO

Em 1.º de novembro de 1962, foi lançado em órbita em tôrno da Terra um foguete russo que levava uma sonda planetária, chamada Marte I. No momento cuidadosamente calculado, foi emitido um sinal pelo rádio, transferindo Marte I da órbita de espera para a órbita que o levaria ao planêta Marte. Tudo ia muito bem e os cientistas russos estavam certos de que a sonda de 870 quilos passaria ao largo de Marte, a uma distância compreendida dentro de 600 milhas (960 km) da sua superfície, em meados de julho de 1963. A intervalos regulares, Marte I enviava informações por meio de radiossinais automáticos indicativos de que tudo funcionava muito bem — a sonda estava no rumo certo, os intrumentos se comportando perfeitamente e o transmissor com potência suficiente para enviar sinais para a Terra através da distância cada vez maior. Em 31 de março de 1963, exatamente dez semanas antes do momento da passagem, o transmissor deixou de funcionar, interrompendo a transmissão. Nada mais se soube da sonda planetária Marte I.

Os próprios cientistas russos não sabem o que aconteceu. Aventaram a possibilidade de ter a sonda se chocado com um meteorito, prosseguindo desordenadamente, deixando de enviar seus sinais de rádio na direção certa. A única coisa que se pode saber com certeza é que a sonda espacial Marte I deve estar agora em órbita em tôrno do Sol.

Outra sonda não poderia ser enviada a Marte durante algum tempo, por causa do deslocamento dos dois planêtas. Assim como há determinado período propício à observação visual do planêta Marte, compreendendo de cinco a seis semanas antes da oposição a cinco ou seis semanas depois, também há um período específico para se enviar uma sonda planetária ao planêta vermelho. Êste período recebeu o nome de "janela de lançamento" ("launch window"), e a próxima depois do lançamento de Marte I seria de 4 de novembro a 4 de dezembro de 1964. Os Estados Unidos e a Rússia preparavam sondas planetárias para serem lançadas nessa ocasião.

Em 5 de novembro de 1964, os Estados Unidos lançaram o Mariner III a Marte. A princípio, tudo correu muito bem; o foguete foi disparado no dia aprazado e a sonda alcançou, com êxito, o espaço. Posteriormente, ela deixou de obedecer às ordens enviadas da Terra; nenhum radiossinal enviado obteve resposta. Uma análise cuidadosa do que não havia ocorrido como era esperado revelou a existência de um defeito relativamente pequeno que, todavia, foi suficiente para arruinar tôda a missão. Para a passagem através da atmosfera, a sonda fôra encerrada dentro de uma cápsula, tècnicamente conhecida como seu envoltório. Depois de atingir o espaço, êsse envoltório é automàticamente alijado, e a sonda abre-se, principalmente para captar energia da luz solar. A falta de resposta indicava que o envoltório não tinha sido alijado, mantendo a sonda aprisionada e impossibilitada de agir.

Felizmente, havia uma outra sonda disponível, o Mariner IV, que ainda poderia ser lançado pela mesma janela de lançamento. O Mariner IV foi lançado no dia 28 de novembro de 1964. Dessa vez, o envoltório foi alijado na data aprazada, e as primeiras mensagens recebidas, indicando que as primeiras manobras cruciais do Mariner IV estavam sendo levadas a cabo com sucesso. Quando essas mensagens estavam sendo recebidas, os russos lançaram uma sonda planetária destinada a Marte, chamada Zond II. O lançamento foi efetuado em 30 de novembro de 1964. Três semanas depois, os russos fizeram uma declaração enigmática, anunciando que sua sonda planetária só estava desenvolvendo cêrca de 50% da corrente elétrica. Isto não significava fracasso, porque, surpreendentemente, podem-se enviar mensagens através do espaço vazio com muito pouca potência; a metade da potência projetada deveria ser mais do que suficiente para se obter sucesso. Podia-se afirmar também que os russos deviam ter projetado suas unidades geradoras de potência com uma boa margem de segurança. Porém, cinco semanas depois, êles tiveram de admitir que a potência da sonda tinha caído a zero. A Zond II ainad estava no rumo, mas se tornara nada mais do que uma peça de um mecanismo inútil, como o Mariner III. Enquanto isso, o Mariner IV continuava sua viagem.

Uma "janela de lançamento", para uma sonda planetária, equivale a uma oposição para uma observação visual, porém não é a mesma coisa.

Oposição significa que o planêta se acha perto da Terra; e, quanto mais perto, melhor é a oposição. Para uma sonda espacial, a distância não é muito importante; a "janela de lançamento" representa o momento em que se pode enviar uma sonda espacial para outro planêta, sabendo-se que ela atingirá a órbita do outro planêta *no momento preciso em que o planêta se acha naquele ponto de sua órbita*.

A limitação é função do movimento de ambos os planêtas. A Terra gira em volta do Sol com uma velocidade orbital de 18 ½ milhas (cêrca de 30 quilômetros) por segundo; evidentemente, a sonda espacial, depois de atingir o espaço, continua a girar em tôrno do Sol com a mesma velocidade, uma vez que, originalmente, fazia parte da Terra. Se nenhuma velocidade extra fôr adicionada à sonda espacial, ela continuará simplesmente em órbita ao redor do Sol, numa órbita bem semelhante à da Terra. Se, no entanto, certa quantidade de velocidade fôr adicionada, a sonda espacial, lentamente, se afastará cada vez mais da órbita da Terra, numa curva inclinada para o lado (constituindo uma parte da elipse), e se aproxima da órbita de Marte.

Em 1914, o problema foi investigado detalhadamente, pela primeira vez, por um jovem engenheiro alemão, o Dr. Walter Hohmann. Em agôsto dêsse ano, irrompeu a Primeira Guerra Mundial, mas os eventos políticos e militares não interromperam seus estudos, apenas diminuindo um pouco o ritmo das investigações, por causa do aumento de trabalho. Nos princípios do outono de 1916, suas "investigações das órbitas que seriam percorridas pelas naves espaciais", como êle, reservadamente, designava seu trabalho, estavam terminadas. Hohmann, porém achou não ser aquela época apropriada para a publicação de um livro daquele tipo, tendo deixado seu manuscrito de lado, não voltando a êle senão em 1924. Depois de um pouco mais de polimento final, o livro foi publicado em 1925; nessa época, o Dr. Hohmann era o arquiteto municipal da cidade de Essen, no Ruhr. Conservou-se no seu emprêgo, e é muito provável que jamais tenha sabido que grandes foguetes estavam sendo construídos durante os últimos anos de sua vida. Morreu em conseqüência de um bombardeio levado a efeito durante os últimos meses da Segunda Guerra Mundial. Agora, certos tipos de órbitas interplanetárias são oficialmente conhecidos como "órbitas de Hohmann."

As sondas Mariner III, Mariner IV e Zond II viajaram ao longo das órbitas de Hohmann.

Hohmann abordou o problema da seguinte maneira: se tivermos duas órbitas como as da Terra e de Marte, duas órbitas que podem ser consideradas como círculos concêntricos, como uma primeira tomada do problema, parece, à primeira vista, que a maneira mais simples de conectar as duas órbitas seria ligando-as por uma linha reta. Êste seria exatamente o caso, se estivéssemos parados (em relação ao Sol) na órbita interna e desejásse-

mos passar de uma órbita para a outra. Não estamos parados na órbita interna, nem desejamos passar de uma órbita para a outra; apenas desejamos ir de um planêta para o outro. Com isso em mente, a órbita de ligação, aparentemente simples, revela-se carregada de dificuldades.

Em primeiro lugar, temos de nos desembaraçar da atração gravitacional da Terra, sendo para isso necessária uma velocidade que se aproxima de 7 milhas (11,3 quilômetros) por segundo. Uma vez despendida tanta energia, ainda nos estaríamos deslocando (razoàvelmente distantes) com a Terra em tôrno do Sol, e assim essa velocidade teria de ser eliminada. Isto significa uma variação de velocidade, de 18 1/2 milhas por segundo para zero. Depois é preciso despender energia para se deslocar da órbita da Terra para a órbita de Marte, energia essa gasta para eliminar a fôrça gravitacional do Sol (digamos, 3 milhas — cêrca de 4,8 quilômetros — por segundo, uma vez que não se deseja despender muito tempo no espaço). Chegamos agora à órbita de Marte, e o planêta está avançando em nossa direção com sua velocidade orbital de 15 milhas (cêrca de 24 quilômetros) por segundo; e se desejarmos sobreviver, seria bom que adquiríssemos imediatamente 15 milhas por segundo de velocidade. Finalmente, teríamos de pousar em Marte, vencendo a fôrça gravitacional do planêta, que é de 3,1 milhas por segundo. Adicionando tôdas as variações de velocidade necessárias para uma "simples" órbita de ligação, obteríamos o seguinte resultado aterrador:

1.	Decolagem da Terra	7	milhas por segundo
2.	Eliminação da velocidade orbital da Terra	18,5	" " "
3.	Travessia entre as duas órbitas	3	" " "
4.	Aquisição da velocidade orbital de Marte	15	" " "
5.	Pouso em Marte	3	" " "
6.	Margem para segurança e correções ...	1,5	milha " "
	Total da variação de velocidade...	48	milhas por segundo

E aí ficaríamos abandonados em Marte, sem combustível para decolar e para retornar à Terra.

Hohmann compreendeu imediatamente que isto não poderia ser feito, e rejeitou a órbita em linha reta como uma impossibilidade.

Bem, que tal uma órbita como a ilustrada na Figura 20? Esta é constituída por uma curva inclinada, conectando as duas órbitas, significando que a velocidade orbital da Terra não teria de ser eliminada; ao contrário, alguma velocidade teria de ser adicionada a ela, para ao mesmo tempo deixar a órbita da Terra num ângulo pronunciado. Isto, ao mesmo tempo, proporcionaria a velocidade para atingir a órbita de Marte contra a fôrça

de gravidade do Sol; porém, como resultado final, a nave seria mais veloz do que o planêta Marte no momento do encontro. Assim, o grande dispêndio de energia consistiria num ajustamento à velocidade do outro planêta.

Semelhante órbita ainda teria um consumo de combustível muito grande, mas certamente seria superior à de cruzamento em linha reta. Òbviamente, as coisas poderiam ser melhoradas, se o ângulo de afastamento da

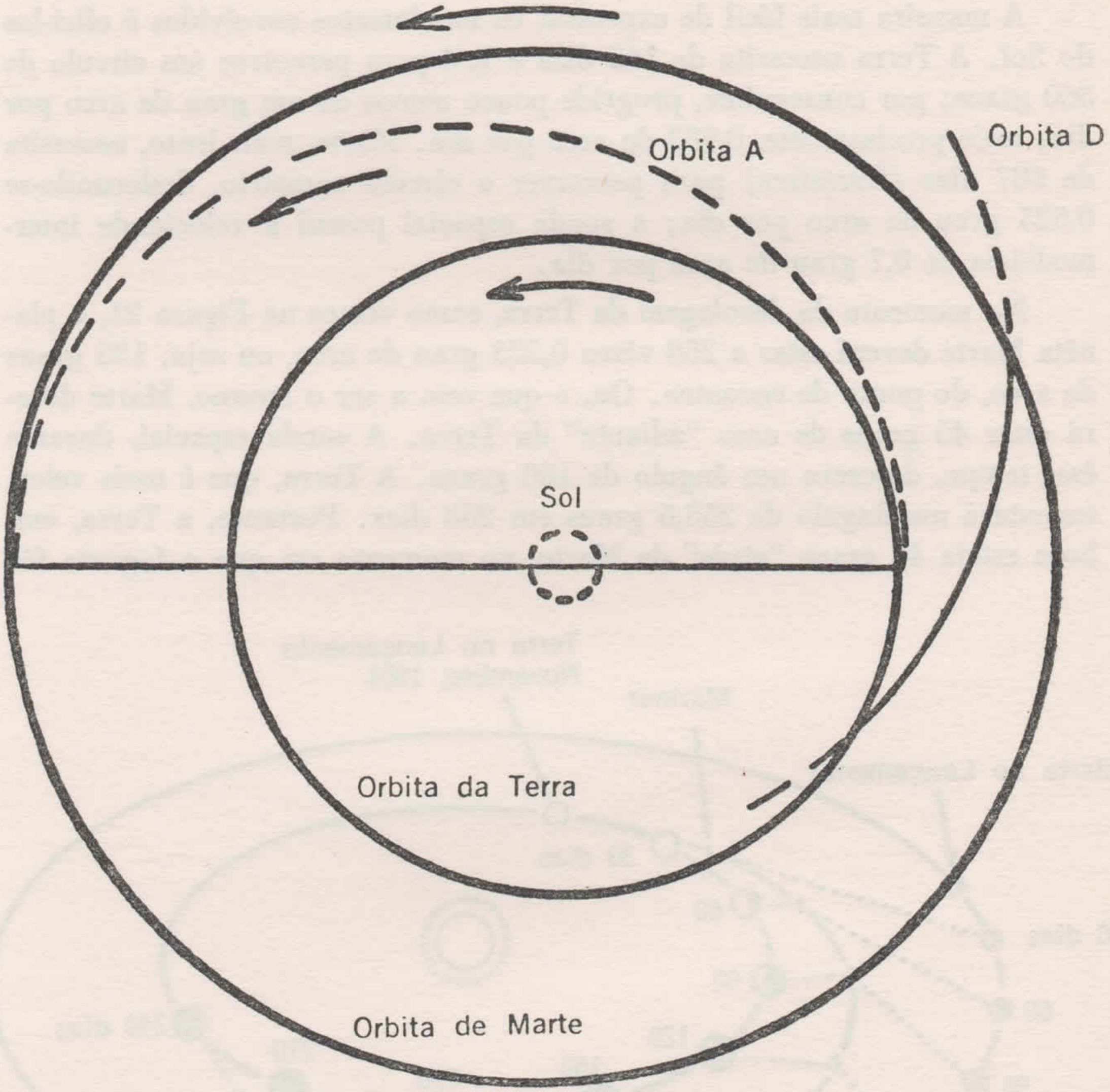


Fig. 20. A órbita mais favorável para uma viagem espacial da Terra a Marte foi a que o Dr. Walter Hohmann chamou de Órbita A. A Órbita D, que aparece na gravura, é altamente ineficiente.

órbita da Terra fôsse diminuído. Continuando em seus cálculos, Hohmann verificou que a órbita de conexão mais eficiente seria uma meia elipse com as extremidades tocando as duas órbitas planetárias. Hohmann designava essa órbita pelo nome de "Órbita A" — hoje em dia, chamada "Órbita de Hohmann".

Uma vez conhecida a órbita mais eficiente — e, portanto, a que provàvelmente seria escolhida, se chegássemos a progredir a êsse ponto —, êle tratou de obter mais pormenores. Viajando pela Órbita A, a nave espacial levaria 258 dias para ir de uma órbita para a outra. Isso significava, evidentemente, que a viagem deveria começar quando o planêta Marte se achasse 258 dias afastado do ponto de interseção da órbita com a nave espacial.

A maneira mais fácil de expressar os movimentos envolvidos é olhá-los do Sol. A Terra necessita de 365 dias e 1/4 para percorrer um círculo de 360 graus; por conseguinte, progride pouco menos de um grau de arco por dia; mais precisamente, 0,983 de arco por dia. Marte, mais lento, necessita de 687 dias (terrestres) para percorrer o círculo completo, deslocando-se 0,523 grau de arco por dia; a sonda espacial possui a velocidade intermediária de 0,7 grau de arco por dia.

No momento da decolagem da Terra, como vemos na Figura 21, o planêta Marte deverá estar a 258 vêzes 0,523 grau de arco, ou seja, 135 graus de arco, do ponto de encontro. Ou, o que vem a ser o mesmo, Marte deverá estar 45 graus de arco "adiante" da Terra. A sonda espacial, durante êsse tempo, descreve um ângulo de 180 graus. A Terra, que é mais veloz, executará um ângulo de 253,6 graus em 258 dias. Portanto, a Terra, embora esteja 45 graus "atrás" de Marte, no momento em que o foguete fôr

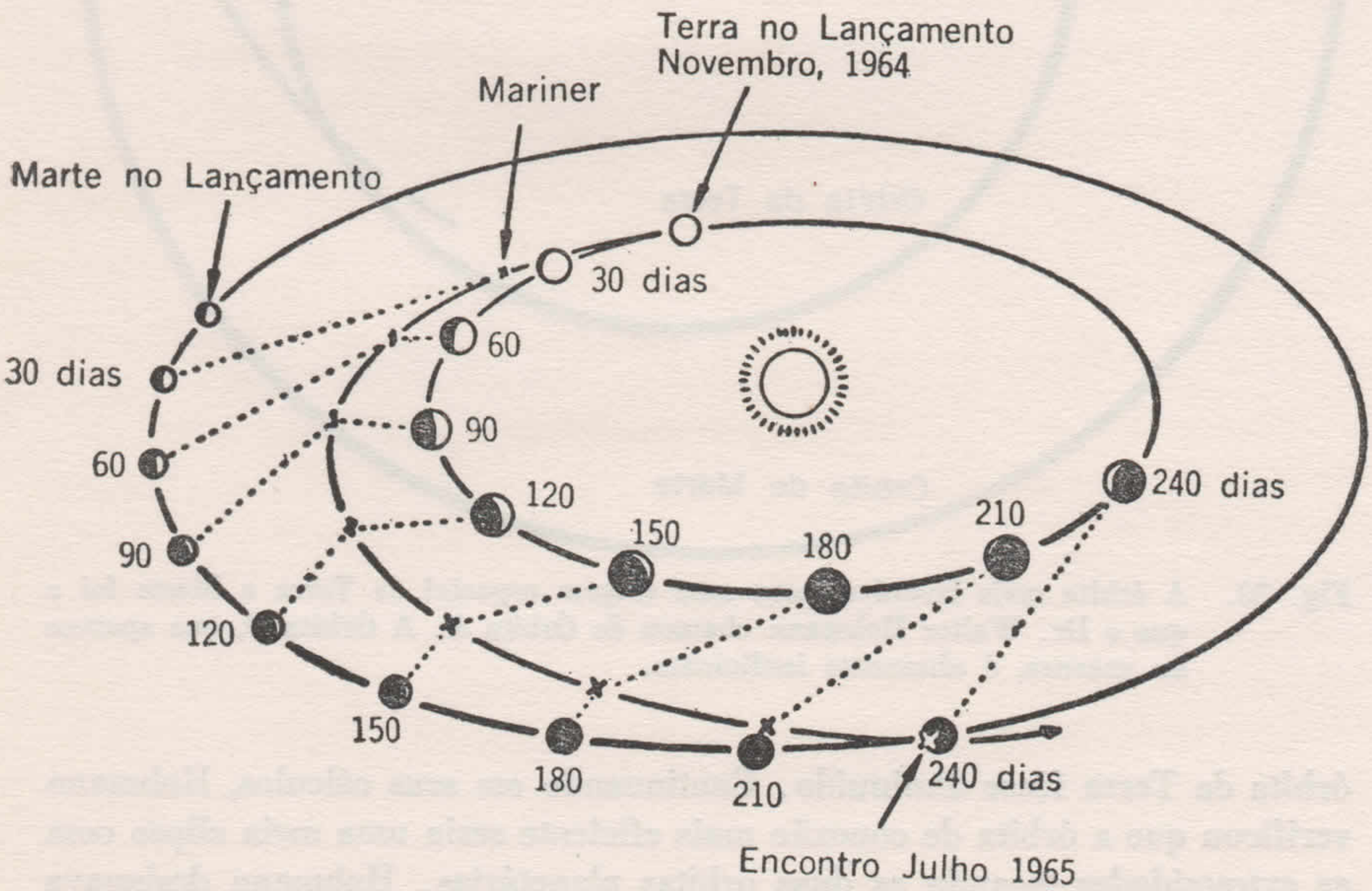


Fig. 21. A órbita da sonda espacial Mariner IV. O diagrama mostra claramente que a órbita percorrida foi quase exatamente a chamada Órbita A pelo Dr. Hohmann. Cortesia da ANAE.

disparado, finalizará 73,6 graus de arco "na frente" de Marte, quando o vôo da sonda terminar.

Anàlogamente aos dois anos e sete semanas de intervalo entre duas oposições, os números que acabamos de alinhar representam uma média e não estritamente a realidade. Durante o cálculo, as duas órbitas foram consideradas como dois círculos concêntricos, para simplificação do problema. Não foram levadas em consideração as pequenas diferenças de velocidade no periélio e no afélio, bem como as distâncias. Portanto, a sonda marciana, na realidade, não levou 258 dias de viagem, mas apenas 228. E, não tendo sido projetada para pousar em Marte, não havia necessidade de se ajustar a velocidade no fim da jornada.

A sonda planetária Mariner IV *(Ver Figuras 22 e 23)* pesava 575 libras (cêrca de 260 quilogramas), sem o envoltório protetor. O corpo da nave espacial era constituído de uma caixa octogonal, medindo 50 polegadas (1,27 metro) de diâmetro. Partindo do corpo, quatro "painéis solares" providos de "aletas solares de pressão" nas extremidades, se estendem em forma de cruz. Os quatro painéis contêm um total de 28 224 células solares, para converter a luz solar em corrente elétrica. [1]

Totalmente estendidos com as aletas extras, os painéis solares mediam 22 pés e 7 1/2 polegadas (6,89 metros) de envergadura. A corrente elé-

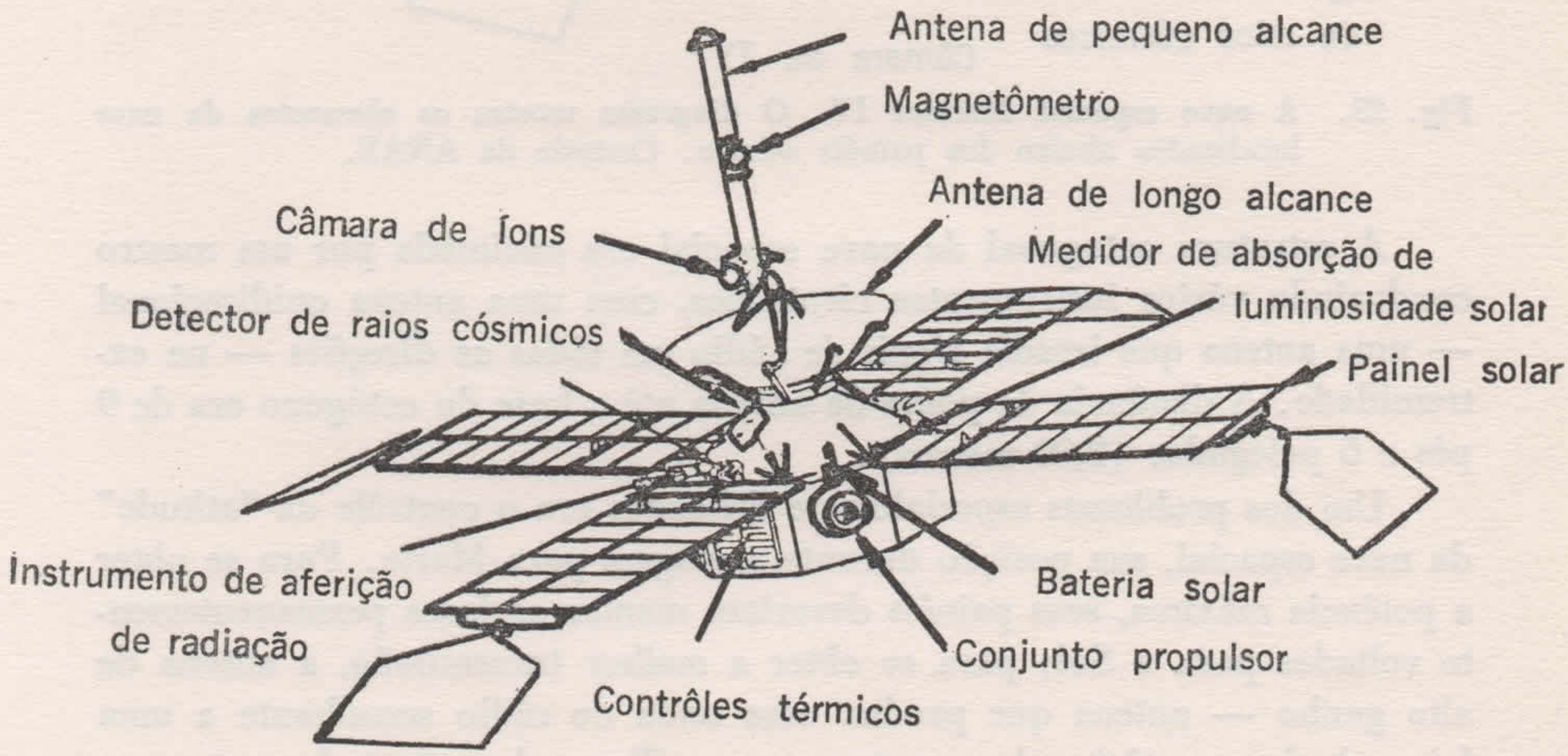


Fig. 22. A nave espacial Mariner IV. O diagrama mostra os elementos da nave localizados acima dos painéis solares. Cortesia da ANAE.

1. O Mariner II, que foi enviado a Vênus em 1963, e as sondas lunares Ranger, tinham apenas dois painéis solares; a sonda marciana teve seus painéis aumentados para quatro, porque a luz solar perto da Terra é duas vêzes mais forte do que na órbita de Marte.

trica das células solares vão alimentar uma bateria, que será utilizada durante os curtos períodos em que os painéis solares não produzem corrente — quando êles não estão com a face voltada para o Sol, durante o curso de uma correção, ou quando penetram na sombra de Marte. As aletas de pressão solar nas extremidades dos painéis servem para compensar a fraca pressão de radiação do Sol, que apesar de suave, poderá influenciar a órbita da nave espacial durante as viagens longas.

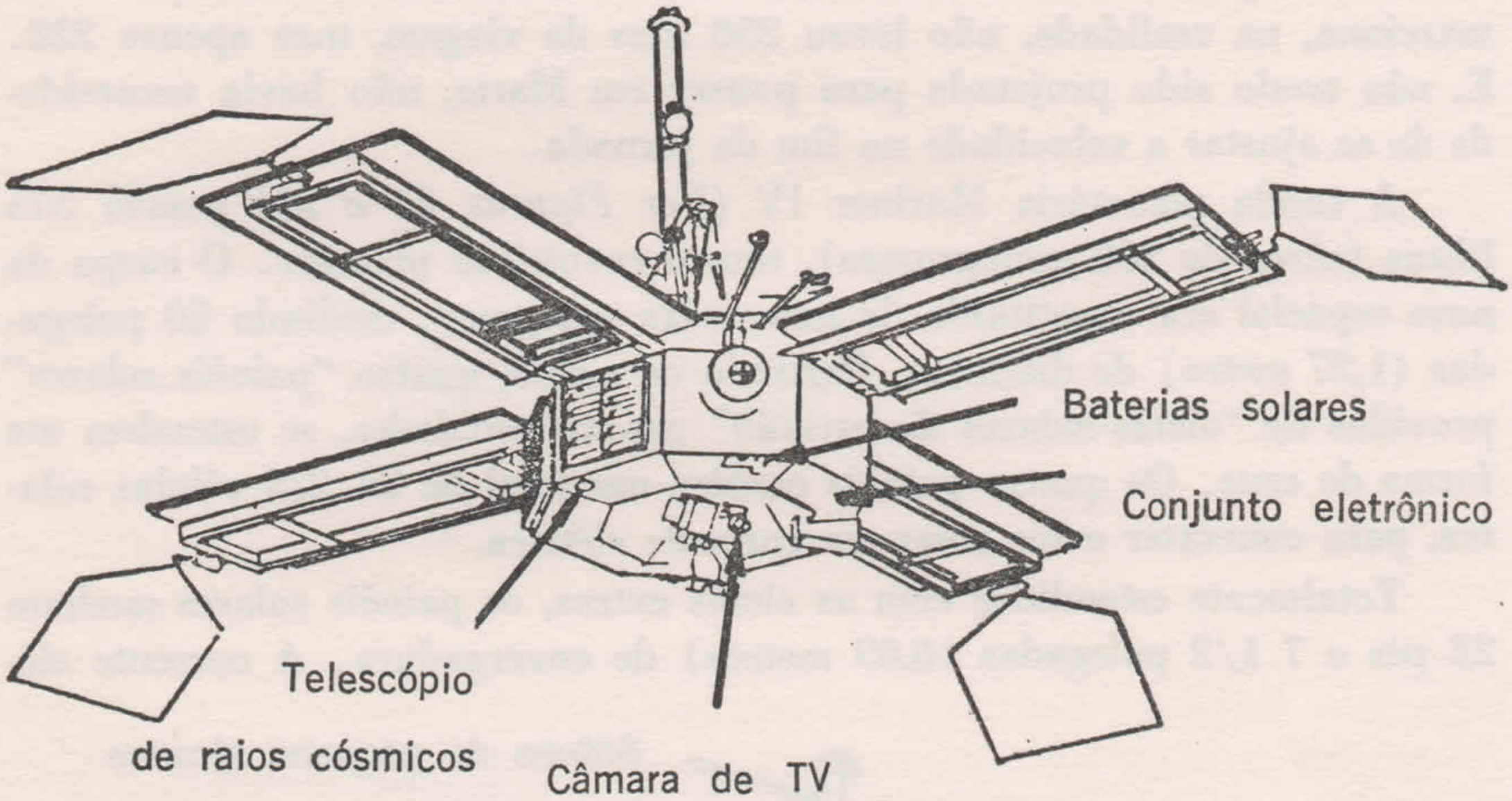


Fig. 23. A nave espacial Mariner IV. O diagrama mostra os elementos da nave localizados abaixo dos painéis solares. Cortesia da ANAE.

A estrutura octogonal da nave espacial era encimada por um mastro conduzindo vários instrumentos científicos, com uma antena onidirecional — uma antena que irradia sinais de rádio em tôdas as direções — na extremidade. A distância da ponta da antena até a base do octógono era de 9 pés e 6 polegadas (2,90 metros).

Um dos problemas especialmente delicados era o contrôle da "atitude" da nave espacial, sua posição durante a viagem para Marte. Para se obter a potência máxima, seus painéis deveriam manter as faces permanentemente voltadas para o Sol; para se obter a melhor transmissão, a antena de alto ganho — antena que produz uma onda de rádio semelhante a uma faixa de luz — tinha de apontar para a Terra durante todo o tempo. Outro dispositivo tinha de fazer face a determinada estrêla, Canopus, também durante todo o tempo. Êsse dispositivo, mantido apontado para aquela estrêla, constituía um auxílio à navegação, semelhante à navegação de um veleiro mantendo constantemente a luz de determinado farol pelo través no lado direito, com a diferença, contudo, de que Canopus se acha tão afastada que a nave espacial não poderia "ultrapassá-la". Elementos sensíveis mantêm os painéis solares inteiramente abertos e voltados para o Sol,

e enviarão um sinal elétrico ao "contrôle de atitude", se os painéis receberem menos energia do que devem. Êste sinal liberta um jato de nitrogênio comprimido para corrigir a posição. Outro elemento sensível, encarregado de Canopus, executa um trabalho semelhante, porém muito mais difícil, como veremos. A nave espacial foi projetada de tal maneira, que se o elemento sensível chamado sensor de Canopus fôr dirigido para Canopus, a antena de alto ganho apontará para a Terra e a Câmara ficará assestada para Marte.

Incluindo os instrumentos científicos, a nave espacial possui 138 000 partes. A preocupação de que cada uma delas funcione convenientemente foi aliviada pelo fato de que muitos instrumentos enviam informações freqüentemente durante o vôo, sendo que alguns dêles contìnuamente. O que mais preocupava era a câmara. Ela só podia obter 22 exposições, e não poderia ser testada durante o vôo. Uma tentativa nesse sentido não traria resultados práticos, porque, além da perda de uma exposição, o resultado também seria inconclusivo, em virtude da ausência de algo suficientemente grande para ser fotografado enquanto a nave espacial estivesse entre os dois planêtas.

A missão científica foi projetada para dois tipos de "experimentos", como eram chamados — para muitos dêles, o têrmo "mediações" teria sido mais descritivo —: os para serem executados durante o trânsito e os para serem executados perto do planêta Marte.

Os dispositivos transportados eram os seguintes:

1. *Câmara de Ionização.* Consistia em uma esfera, de 5 polegadas de diâmetro, cheia de gás argônio. Sua função principal era medir a intensidade dos chamados "raios cósmicos". Os raios cósmicos são partículas de alta velocidade, consistindo, principalmente, em núcleos de hidrogênio (protônio) e de núcleos de hélio (partículas alfa), embora núcleos de elementos mais pesados sejam ocasionalmente encontrados. Quando uma partícula penetra na esfera, retira electrônios dos átomos do argônio. A perda de um ou mais electrônios torna o átomo, que é elètricamente neutro, carregado positivamente.

Átomo carregados elètricamente estão "ionizados," e o grau de ionização revela a energia da partícula de raios cósmicos que a produziu. Um contador Geiger-Müller conectado à câmara proporciona a contagem das partículas causadoras de ionização que penetraram na câmara; os dois instrumentos contam as partículas e medem suas intensidades.

2. *Detector de Radiação.* Êste instrumento destinava-se a enviar dados sôbre as radiações no espaço; seu objetivo mais específico era informar se Marte possuía cinturões de radiações (cinturões de Van Allen), como a Terra. Essas radiações consistem em partículas subatômicas provenientes do Sol e posteriormente capturadas pelo campo magnético da Terra. Um cinturão de Van Allen em tôrno de Marte indicaria ter o planêta um

poderoso campo magnético. Como medida de precaução, foi instalado um magnetômetro a bordo.

3. *Telescópio de Raios Cósmicos.* A função dêste instrumento era colaborar com a câmara de ionização na detecção de raios cósmicos, e também para detectar partículas que não possuíam energia suficiente para causar ionização na câmara. O nome do instrumento devia-se ao fato de que os três detectores estavam dispostos como lentes num telescópio. Uma partícula fraca só poderia penetrar no primeiro detector; uma um pouco mais forte poderia penetrar dois, e uma partícula de alta energia penetraria todos os três.

4. *Magnetômetro.* Êste instrumento destinava-se a detectar a fôrça e a direção dos campos magnéticos no espaço. Colaborava, de certo modo, com o detector de radiação; havia uma possibilidade de que Marte possuísse um campo magnético que não fôsse suficientemente potente para constituir um cinturão de Van Allen. Porém, um campo magnético seria descoberto por um magnetômetro, se o detector de radiação não achasse um cinturão de Van Allen.

5. *Detector de Micrometeorito.* Micrometeoritos são pequeninas partículas de matéria sólida no espaço; significam a mesma coisa que "poeira cósmica". O número de grãos de poeira no espaço perto da Terra é comparativamente grande; foram, se assim podemos dizer, capturados pelo campo gravitacional da Terra, um por um, e estão agora orbitando a Terra. A sonda planetária Mariner II, durante sua viagem a Vênus, informou que o número de micrometeoritos no espaço livre era muito pequeno — sòmente um para cada dez mil nas vizinhanças da Terra. Mas o Mariner IV deveria encontrar muito mais, por duas razões. Uma era que êle deveria cruzar várias faixas conhecidas de meteoróides, as chamadas faixas de Geminid e Ursid, em dezembro de 1964, e a faixa Tuttle-Giacobini-Kresak em março de 1965. Tôdas as três são compostas de partículas que já pertenceram aos núcleos de cometas que gradualmente se dissolveram no espaço, como acontece com os pequenos cometas. A segunda razão de se esperar mais impactos de meteoróides Mariner IV residia no fato de existir logo depois da órbita de Marte o chamado cinturão de asteróide, uma área contendo uma dúzia ou mais de grandes e milhares de pequenos asteróides em órbita ao redor do Sol. É de se esperar que haja colisões entre os asteróides menores, ricocheteando e produzindo poeira que gradualmente se aproximaria do Sol. Em outras palavras, o Mariner IV estava voando em direção a uma provável fonte de poeira cósmica e por isso esperava-se um aumento do número de impactos.

6. *Sonda Plasma-Solar.* Nosso Sol emite uma corrente contínua de partículas subatômicas, constituída sobretudo de electrônios e protônios (núcleos de hidrogênio), em tôdas as direções. Êste fenômeno é chamado "vento solar", também conhecido como "plasma solar". (A palavra "plas-

ma", quando empregada por um físico, significa uma mistura de núcleos e átomos ionizados e não-ionizados.) O instrumento foi projetado para medir a densidade, velocidade, temperatura e direção do plasma solar; há uma interação entre o plasma solar, os campos magnéticos e os raios cósmicos.

Êsses seis instrumentos deveriam ser utilizados tanto durante a viagem como durante a passagem perto de Marte. Durante a passagem, porém, duas outras coisas precisavam ser feitas. Durante a aproximação de Marte, a câmara deveria entrar em ação e tirar as vinte e duas fotografias. Depois, a nave espacial deveria passar por trás de Marte, o que seria especialmente valioso e interessante para nós. Nesse instante, os radiossinais enviados pelo Mariner IV passariam através da atmosfera marciana, que destorceria, de certo modo, a transmissão; a distorção constituiria um indício para se avaliar a densidade da atmosfera marciana. Depois que a nave espacial passasse por trás de Marte, as fotografias seriam transmitidas. Em virtude da distância superior a 130 milhões de milhas, a transmissão linha a linha utilizada pela nave espacial Ranger não poderia ser empregada. Não haveria suficiente energia disponível. Portanto, cada fotografia foi dividida em 200 linhas, e cada linha em 200 pontos; as características de cada ponto seriam transmitidas separadamente. Naturalmente, a transmissão ponto a ponto consome tempo, e dêste modo cada fotografia necessitaria de seis horas para ser entregue à Terra.

Agora sabemos com certeza que havia fotografias para serem transmitidas e que a transmissão foi um sucesso. Mas o pessoal encarregado da instrumentação levou 228 dias sem saber o que iria acontecer, e não poderia estar certo de que seria bem sucedido até receber as primeiras linhas da primeira fotografia transmitida.

E, uma vez que o Mariner IV não era nave pilotada com um diário de bordo, o diário teria de ser mantido em Terra; durante a primeira semana de vôo, houve realmente grande número de registros. Começou, lògicamente, quando o foguete Atlas-Agena B foi disparado de sua plataforma no Cabo Kennedy.

O lançamento de 28 de novembro de 1964 no diário registrava o seguinte:

9:22:01 (Hora oficial do Leste) lançamento
9:27:20 separação do Agena-Mariner do Atlas
9:27:23 ejeção do envoltório
9:28:00 ignição de foguete Agena
9:30:00 desligamento do Agena
10:02:00 segunda ignição do Agena
10:04:27 segundo desligamento do Agena
(O Mariner agora estava na órbita que o levaria a Marte;

neste instante, achava-se a 122,8 milhas da superfície da Terra, e Marte a 127,7 milhões de milhas de distância; o rastreamento mostrou que o Mariner se deslocava 7 milhas mais rápido do que fôra previsto.)

10:05:51 a nave espacial entra na sombra da Terra

10:07:10 separação do Mariner do Agena

10:15:05 painéis solares desdobrados, sensor solar em alerta

10:17:35 sensor solar fixado no Sol, painéis completamente abertos e voltados para o Sol

13:59:00 comando automático do sensor de Canopus procurando a estrêla

14:07:00 sensor de Canopus momentâneamente fixado na pequena estrêla Markab e depois de procurar, fixado em Alderamin, estrêla quatro vêzes menos brilhante que Canopus.

O Mariner IV prosseguia, mas seu sensor estelar apontava para uma estrêla errada. Uma vez que isso não influenciava sua rota, não apresentava maiores inconvenientes no momento. No dia seguinte, o sensor "perdeu" Alderamin e iniciou uma pesquisa automática às 8h13m da manhã, fixando-se 16 minutos mais tarde em Regulus, uma linda estrêla vermelha brilhante, mas que ainda não era a estrêla certa.

No dia 30 de novembro, às 4h14m da manhã, o radar em Goldstone, na Califórnia, ordenou que a sonda recontinuasse a pesquisar Canopus. Às 4h21m, fixou-se noutra estrêla, também incorreta. Às 5h45m, o radar de Goldstone enviou outra ordem de pesquisa. Um minuto depois, o sensor julgou haver conseguido o que desejava, mas fixou-se num pequeno grupo de três estrêlas. Às 5h58m, nova ordem de pesquisa foi recebida pelo Mariner, que finalmente se fixou em Canopus, precisamente às 7 horas.

Passaram-se três dias sem ação digna de nota, a não ser o prosseguimento da sonda planetária. Nessa altura, o rastreamento mostrava quais as correções que deveriam ser feitas; sem essas correções, a nave espacial passaria ao largo de Marte cêrca de 150 000 milhas. A correção do rumo seria feita para modificar a rota de tal maneira que a nave passasse a uma distância de 5 000 milhas da superfície marciana, distância essa que representa um pouco mais que o diâmetro do planêta. Mas as coisas começaram a ficar um pouco difíceis em 4 de dezembro de 1964. O primeiro comando foi enviado às 8h05m; uma hora e meia mais tarde, observou-se que a nave girava em tôrno de seu eixo longitudinal, e o comando seguinte não foi obedecido como se esperava. Durante as duas horas seguintes, o sensor de Canopus estava positivamente confuso; fixava-se repetidamente em estrêlas que nem mesmo estavam na carta. Provàvelmente, o movimento rotativo teria sacudido algumas partículas de poeira da nave, e essas partículas, brilhantemente iluminadas pelo Sol, teriam a aparência de estrêlas,

confundindo o sensor. Às 11h25m, decidiu-se abandonar a correção do rumo nesse dia, mas mesmo assim outra ordem de pesquisa foi enviada ao sensor de Canopus.

O sensor, repetidamente, tentou fixar-se no grupo de três estrêlas, e teve de ser estimulado seguidamente por novos comandos; às 18h45m, êle se fixou afinal numa estrêla, Regulus novamente. Tendo sido ordenado que prosseguisse com as pesquisas, o sensor tentou duas vêzes fixar-se numa estrêla conhecida dos astrônomos pelo nome de gama Velorum; enfim, às 18h59m22, o sensor achou Canopus.

No dia 5 de dezembro, às 8h05m, a seqüência de comandos para se obter a correção desejada começou de nôvo, e depois das 11 horas o diário registrava o seguinte:

11:01:19 parou de rolar
11:09:09 ligação do motor do foguete para correção do rumo
13:09:29 parada do motor do foguete
23:15:11 comando automático ao sensor do Sol, para achar o Sol
23:02:07 sensor do Sol fixado no Sol, painéis solares recebendo energia máxima
1:21:07 comando automático ao sensor de Canopus, para procurar Canopus
11:44:39 sensor de Canopus fixado na estrêla gama Velorum
11:52:00 renovada a ordem para pesquisa
1:54:57 sensor fixado em Canopus.

O dia 6 de dezembro passou-se sem nenhuma novidade. No dia 7, às 7h30m, a nave "perdeu" Canopus de vista novamente. Ao mesmo tempo — não havia nenhuma conexão entre estas duas concorrências —, os sinais da sonda de plasma solar tornaram-se ininteligíveis; tiveram de ser negligenciados, e a sonda de plasma solar foi considerada definitivamente como inoperante. Às 8h15m, o sensor de Canopus fixou-se em gama Velorum, de nôvo. Deixou-se isso de lado por algum tempo: aparentemente, ainda havia partículas de poeira capazes de confundir o sensor. A 13, foi enviada mais uma ordem para pesquisar Canopus às 11 horas, e apenas três minutos mais tarde Canopus foi encontrada. Cêrca de uma hora depois, foi enviada uma ordem para que o sensor não ligasse os giroscópios, caso mais alguma partícula brilhante de poeira passasse em frente a êle. No dia 3 de dezembro de 1965, outra ordem modificou o ritmo de transmissão das informações. Até então, a transmissão se fazia num ritmo de 33 1/3 "partículas" de informações por segundo; o ritmo, depois, foi baixado para 8 1/3 "partículas" por segundo.

Em 11 de fevereiro, foram enviadas várias ordens para se verificar o funcionamento de vários componentes do equipamento. Entre êles conta-

va-se um dispositivo para remover a cobertura da lente da câmara de televisão. Achou-se que a remoção livraria o aparelho de partículas adicionais de poeira. Era, portanto, aconselhável deixar a nave prosseguir durante alguns meses com a lente descoberta, proporcionando tempo suficiente para que a poeira de desprendesse. No fim do dia 12 de fevereiro, um total de 42 ordens tinha sido enviado à nave espacial, e a situação era a seguinte: a nave achava-se no rumo certo, as informações telemétricas sôbre o funcionamento da nave iam muito bem, a telemetria para informar a respeito dos instrumentos científicos que deveriam funcionar durante o vôo estava preparada, a plataforma da câmara esquadrinhadora estava na posição correta e pronta para o giro da nave em volta do planêta, a cobertura de proteção da lente fôra retirada e o sensor de Canopus estava desinibido.

No dia 3 de março, a sonda de plasma solar tornou-se novamente inteligível; isso foi explicado como devido ao ritmo mais baixo das "partículas". Mas no mesmo dia o contador Geiger-Müller tornou-se ininteligível. No dia 5 de março, a antena onidirecional foi substituída pela antena de alto ganho, conseguindo-se assim aumentar a energia do sinal de transmissão em cêrca de 40 vêzes. No dia 17 de março, a câmara de ionização deixou de funcionar; desconhece-se a razão.

Nessa altura, os instrumentos já tinham fornecido considerável número de dados científicos. E, o que era mais importante, cada sinal de rádio evidenciava que o Mariner estava no rumo certo, e faria o giro em tôrno do planêta Marte.

No dia 14 de julho de 1965, às 10h28m, Hora Oficial da Zona Oriental dos Estados Unidos, as primeiras de uma série de ordens finais foram enviadas. O sinal levou 12 minutos para alcançar a nave, e o sinal de resposta, indicativo de que a ordem tinha sido recebida, também levou 12 minutos para alcançar os enormes receptores da Terra. Nesse momento, o Mariner IV ainda estava a um pouco mais de 100.000 milhas de Marte; a passagem ocorreria na tarde dêsse mesmo dia. *(Ver Figura 24).*

Às 7h52m, a nave espacial cruzou o meridiano marciano que marcava meio-dia para o planêta naquele momento; a distância era de 8 910 milhas da superfície. Uma aproximação maior ocorreu às 20h13m, na distância de 8 202 milhas da superfície; a câmara deveria começar a tirar fotografias nesse intante. Às 21h31m, a distância do planêta já tinha aumentado para 16 031 milhas; era o momento de a sonda espacial desaparecer por detrás do disco de Marte. Ela reapareceu às 22h25m; a distância do planêta era nesse instante de 24 420 milhas.

No dia 15 de julho de 1965, às 6h41m52s, Hora Oficial da Zona Oriental dos Estados Unidos, foi ordenada a transmissão das fotografias,

e meia hora depois os computadores começaram a acumular os primeiros sinais da resposta.

A missão do Mariner IV em Marte fôra cumprida.

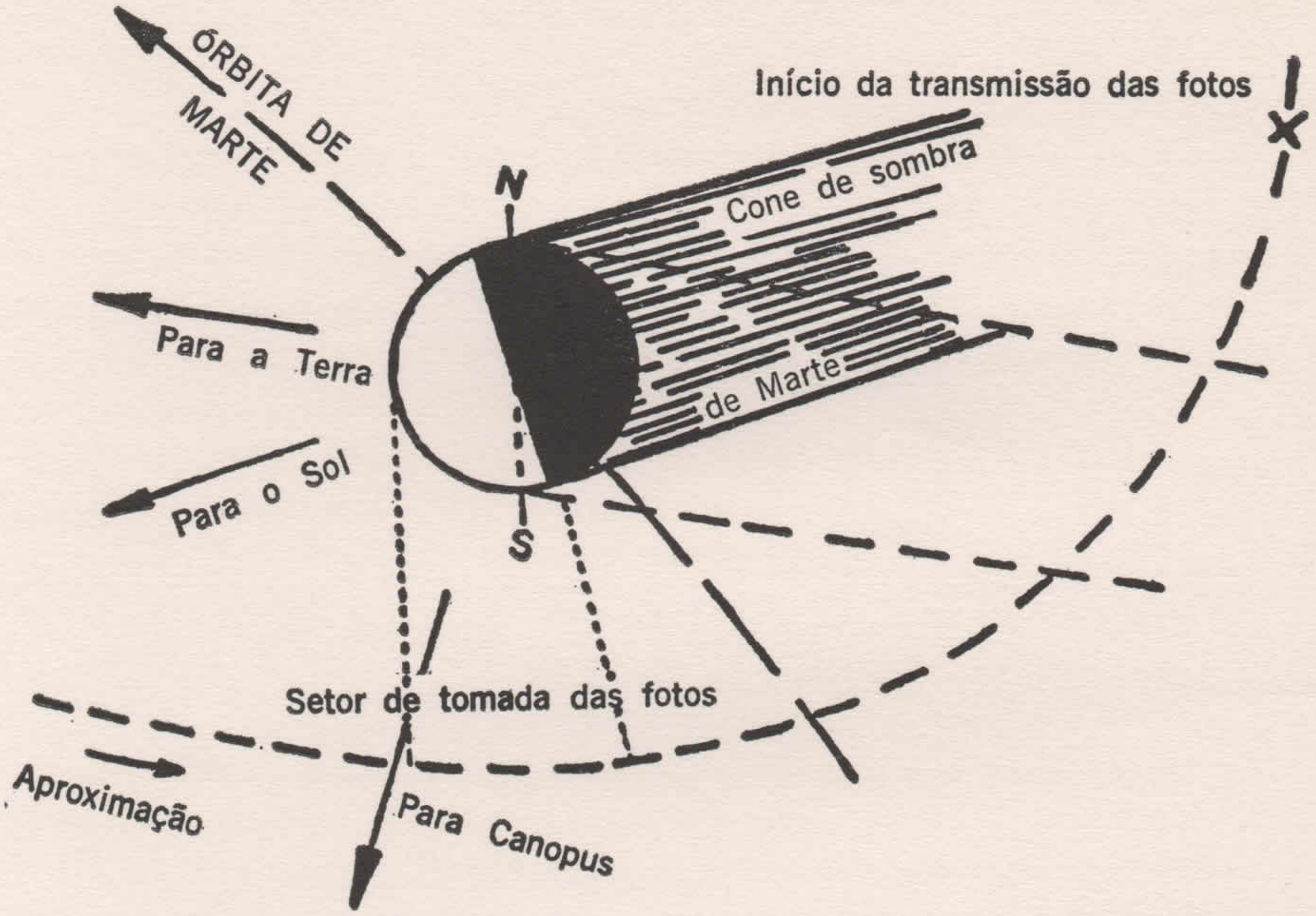


Fig. 24. Passagem e giro da sonda Mariner IV em Marte, no dia 14 de julho de 1965.

6

Mariner Para Marte

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Meses antes de o Mariner IV atingir Marte, em 19 de abril de 1965, a ANAE concedeu uma entrevista coletiva à imprensa, na Costa Ocidental dos Estados Unidos, com o propósito de informar o público sôbre o que vinha sendo feito até aquela data. A maioria do que foi dito na entrevista não poderia ser de muito interêsse para o público, pois girou em tôrno de determinados tópicos, como o fluxo de partículas subatômicas no espaço e outros tópicos científicos difíceis de explicar, porque os resultados ainda não eram positivos. Em alguns casos, os próprios cientistas ainda estavam reduzindo a fórmulas certos experimentos futuros, numa tentativa de provar teorias.

No entanto, a entrevista proporcionou dois debates muito interessantes. Um dizia respeito às partículas de poeira atômica no espaço; o outro constituiu um debate pessoal com o Dr. James A. Van Allen.

W. M. Alexander, do Centro de Vôos Espaciais Goddard, anunciou o número de impactos de micrometeoróides. Nessa ocasião, o Mariner IV, depois de 3 350 horas no espaço, já registrara 95 impactos, número êsse que não estava certo. A nave espacial já atravessara a chamada corrente de meteoro Geminid, que aparentemente não produziu nem um simples impacto. Na realidade, os Geminids devem ter atingido a nave, mas, por uma série de circunstâncias peculiares, os impactos não foram registrados.

Os Geminids se deslocavam em direção ao Sol, e a nave tinha seus painéis solares completamente abertos e voltados para o Sol. Em conseqüência, os Geminids colidiram com as costas dos painéis solares e a base do corpo octogonal, "protegendo" as células dos painéis, montadas no tôpo do corpo.

Embora os números revelados cobrissem apenas a primeira metade da viagem, parecia ter havido ligeiro aumento no número de impactos, à medida que a nave prosseguia em direção a Marte. Isto podia constituir um ligeiro apoio à teoria de que muitos, ou mesmo a maioria dos micrometeoróides, são originários do cinturão de asteróide, situado além de Marte.

O Dr. James A. Van Allen, respondendo a perguntas, declarou que as descobertas efetuadas pelo Mariner IV nas vizinhanças da Terra vieram corroborar as descobertas feitas pelos satélites artificiais. Perguntado por outro repórter se isso significaria que não havia perigo para um vôo tripulado na região do cinturão de Van Allen, respondeu: "Verificamos que não há perigo substancial para uma passagem rápida, e isso foi já confirmado. A exposição total sofrida pelo Mariner, durante sua passagem, e que pode ser considerada como a representação da trajetória de escape de uma nave tripulada, foi algo como 10 ou 15 roentgens sob uma proteção relativamente fina. [1] Isto aliás, constitui substancialmente os mesmos dados já por nós fornecidos em 1958."

O debate, depois, girou em tôrno da questão do cinturão de radiação em volta de Marte, com uma referência a uma declaração anterior de que o magnetômetro a bordo da nave espacial poderia detectar um campo magnético que tivesse a energia de apenas três por-cento da energia do campo magnético da Terra. As perguntas e respostas foram as seguintes:

P. "Dr. Van Allen, o senhor nos poderia dar as razões pró e contra a existência de um forte campo magnético em Marte, e nos dizer qual o seu ponto-de-vista a respeito?"

R. "Eu diria que quem arriscasse uma resposta pró ou contra estaria jogando à sorte; conhece-se muito pouco dêsse assunto. Nossas melhores suposições são tiradas dos estudos efetuados por Gordon MacDonald sôbre a estrutura interna de Marte, que, parece-me, êle mesmo declarou serem apenas uma suposição. MacDonald supõe que Marte tenha um núcleo líquido da ordem de um décimo da massa do núcleo da Terra.

"O conhecimento da origem do campo magnético da Terra é tão deficiente que, em conseqüência, se poderia, como uma vaga sugestão, admitir que Marte tenha um momento magnético quan-

1. Isso implica em afirmar que, dentro de uma nave tripulada, possuidora de um revestimento mais grosso, a exposição à radiação seria ainda menor.

do muito da ordem de um décimo do da Terra. Mas é apenas uma conjectura. Parece-me que devemos considerar isso, presentemente, como uma questão quase inteiramente de observação. As conseqüências serão um grande interêsse pela estrutura interna de Marte como planêta, quer sejam positivas ou negativas."

P. "Tentando ir um pouco mais além: o senhor disse que tentar uma resposta certa seria quase como jogar à sorte. De que lado o senhor apostaria?"

R. "Realmente eu apostaria num campo magnético fraco, provàvelmente menos de dez por-cento do campo magnético da Terra."

P. "Mas acima de três por-cento?"

R. "Possìvelmente."

Verificou-se que Marte não possuía um campo magnético mensurável. Os detetores que esquadrinharam electrônios e protônios que formam um cinto de radiações registraram zero. O magnetômetro também registrou zero. Marte era destituído de campo magnético, como a nossa Lua.

Era impossível que os detetores deixassem de registrar um campo magnético fraco, porque um campo magnético torna-se evidente de vários modos. Se existisse um campo magnético, cuja energia fôsse bastante fraca para formar cinturões de Van Allen, ainda se poderia encontrar aquilo que é conhecido por *bow shock*, visto que o Mariner IV voou através da área onde êle deveria existir.

Para compreender o significado da expressão *bow shock*, teremos de examinar nosso planêta e verificar a ação do campo magnético sôbre o espaço imediato. Já dissemos antes que o Sol emite contìnuamente uma torrente de partículas subatômicas, que, coletivamente, é conhecida como vento solar. Quando estas partículas atingem as vizinhanças da Terra, chocam-se com o campo magnético desta, que deflexiona as partículas de pouca energia. Esta deflexão provoca um distúrbio no fluxo suave do vento solar, como uma enorme rocha encravada no leito de um rio pouco profundo perturba o fluxo suave das águas. A Terra, realmente, produz uma "esteira" no vento solar, cuja extensão não é ainda conhecida. O que nos interessa aqui é o comêço dêstes distúrbios. A deflexão das partículas do vento solar começa a uma distância de cêrca de 40 000 milhas ao lado da Terra que se desloca em direção ao Sol; forma uma espécie de semi-esfera em tôrno do lado da Terra voltado para o Sol. Isso constitui o *bow shock*, e, se Marte produzisse um, teria sido descoberto. [2]

---

2. A descrição pormenorizada da utilização e funcionamento dos instrumentos da nave espacial, bem como das medições obtidas, pode ser encontrada no jornal *Science*, de 10 de setembro de 1965.

A seqüência das medições críticas perto de Marte foi ditada pelas leis naturais. O campo magnético, o *bow shock* e os cinturões de radiação deveriam ser medidos de certa distância do planêta, antes da maior aproximação, que constituía o momento mais apropriado para tirar as fotografias. Em seguida, o Mariner IV estaria "oculto" por Marte, como os astrônomos dizem; a sonda espacial desapareceria por detrás do planêta, e os sinais de rádio teriam de passar através da atmosfera marciana. E isto se repetiria mais uma vez quando a nave emergisse do outro lado. Haveria ainda tempo suficiente para um reexame dos fenômenos magnéticos antes de começar a transmissão das fotografias. Como isso demandasse a utilização de tôda a potência elétrica disponível, todos os demais instrumentos foram desligados.

A verificação dos sinais de rádio transmitidos através da atmosfera de Marte constituiu a primeira oportunidade em tôda a História da Humanidade para se obter uma medição direta da densidade da atmosfera marciana. Até cêrca de dez anos atrás, costumava-se dizer que a pressão da atmosfera de Marte na superfície era provàvelmente a mesma pressão exercida pela atmosfera da Terra a 20 000 pés. Durante os últimos anos, essa estimativa foi revista, e a sonda Mariner IV confirmou a revisão. A pressão no solo revelou ser de pouco menos de 10 milibares, cêrca de 1% da pressão ao nível do mar na Terra e correspondente à pressão a 90 000 pés em nossa atmosfera. Êstes algarismos foram obtidos partindo-se da hipótese de que a atmosfera marciana compõe-se principalmente de bióxido de carbono ou de uma mistura contendo 80% de bióxido de carbono com nitrogênio e argônio. É possível que se possam obter números mais precisos, por uma análise continuada, mas não há razões para acreditar que os "números finais" difiram substancialmente dos valôres obtidos preliminarmente.

A falta de um campo magnético, combinada com uma atmosfera muito tênue, deixa a superfície de Marte virtualmente sem "defesa" contra as radiações no espaço. Temos, novamente, de procurar uma comparação com o nosso planêta. A Terra, como Marte, está sujeita a um incessante bombardeio de vários milhões de partículas subatômicas por segundo, mas a Terra conta com defesas. Tôdas as partículas de energia relativamente baixa são deflexionadas na área do *bow shock*. As partículas de mais energia são capturadas dentro do *bow shock* pelos cinturões de Van Allen. Sòmente as partículas de energia excepcionalmente alta penetrarão diretamente e irão chocar-se com a armadura constituída pela atmosfera da Terra. As partículas, lá chegando — tècnicamente conhecidas como as "primárias" —, colidem com as moléculas da atmosfera; as moléculas se fragmentam e se ionizam, e uma série de colisões resulta numa cascata de "secundárias"; mas as primárias de alta energia são detidas e se incorporam à nossa atmosfera. Apenas umas poucas partículas conseguem atingir

o solo incólumes, e isto é a principal razão pela qual elas só são descobertas tão tarde. Ainda mais, quase como um trabalho paralelo, nossa atmosfera também absorve virtualmente todo o raio X vindo do espaço e filtra a grande massa dos raios ultravioleta, utilizando sua energia para transformar o oxigênio ordinário, cuja molécula é constituída de dois átomos (O_2), em ozona, cuja molécula se constitui de três átomos (0_3).

Marte não mostra ter campo magnético capaz de deflexionar ou capturar partículas subatômicas, e sua atmosfera nada mais é do que uma armadura muito débil. A atmosfera marciana pode proteger a superfície do planêta dos raios X — especialmente porque a emissão de raios X do Sol é muito débil —, porém tudo mais se choca contra o solo com tôda a fôrça. Como resultado, a produção de "secundárias" verifica-se *no solo*, provàvelmente a umas poucas polegadas abaixo da superfície.

Isso também pode resultar na produção de relativamente grandes quantidades de substâncias radiativas. Mas, em virtude de não conhecermos a composição química do solo marciano, é impossível predizer qual a transformação atômica que certamente ocorre. Provàvelmente, a maioria dos átomos radiativos produzidos está classificada entre os átomos de vida curta e os estáveis, e um dos subprodutos deve ser o calor. Portanto, o subsolo, a algumas polegadas da superfície, deve ser mais quente do que a própria superfície.

Tudo isso poderia ter sido formulado com antecedência, partindo-se do princípio de que a atmosfera é muito tênue, mas as fotografias transmitidas pela sonda Mariner IV contituem uma grande surprêsa. A câmara, como foi programada, tirou um total de 22 fotografias, mas as três últimas foram tiradas do lado noturno de Marte, tornando-se inúteis. A primeira fotografia, que só enquadrou uma pequena seção do planêta, também pode ser considerada inútil. Esta primeria fotografia mostra uma leve mancha mais clara do que o fundo. A primeira impressão era de que a mancha seria uma das nuvens altas de cristais de gêlo, porém os cientistas estavam mais inclinados a considerá-la como uma pequena falha, possìvelmente causada por um traço de umidade na lente do sistema. À medida que o ângulo de inclinação, sob o qual as fotografias deveriam ser tomadas, decrescia, a área coberta por uma chapa diminuía e a nitidez tornava-se melhor. *(Ver Tabela I.)* À proporção que as últimas fotografias eram tiradas, a qualidade foi decaindo; a iluminação perto da chamada zona do crepúsculo — o limite entre o lado da luz e o lado da noite — caiu ràpidamente, e a câmara não pôde ajustar-se à falta de luminosidade. Isto estava previsto, mas a queda de iluminação foi maior do que se supunha.

As melhores exposições, portanto, foram as obtidas durante a metade do caminho, e as boas fotografias mostram paisagens semelhantes às obtidas nos *close-up* de uma área da nossa Lua. Existem crateras menores, e òbvia-

TABELA I

As fotografias tiradas pelo Mariner

N.º	*Tempo universal*	*Latitude*	*Longitude*	*Alcance (milhas)*	*Extensão L p/O*	*Extensão N p/S*	*Filtro*
1	0:18:33	+ 35º	188º	10,500	410	800	laranja
2	0:19:21	+ 27º	186º	10,100	290	530	verde
3	0:20:57	+ 13º	183º	9,500	220	310	verde
4	0:21:45	+ 7º	181º	9,300	210	270	laranja
5	0:23:21	— 2º	179º	8,900	190	220	laranja
6	0:24:09	— 6º	177º	7,700	190	200	verde
7	0:25:45	— 13º	174º	8,400	180	180	verde
8	0:26:33	— 16º	173º	8,300	180	170	laranja
9	0:28:09	— 23º	169º	8,100	170	160	laranja
10	0:28:57	— 26º	168º	8,000	170	160	verde
11	0:30:33	— 31º	163º	7,800	710	150	verde
12	0:31:21	— 34º	161º	7,700	170	150	laranja
13	0:32:57	— 39º	155º	7,600	170	140	laranja
14	0:33:45	— 41º	152º	7,600	170	140	verde
15	0:35:21	— 45º	144º	7,500	180	140	verde
16	0:36:09	— 47º	139º	7,500	190	140	laranja
17	0:37:45	— 50º	128º	7,400	200	140	laranja
18	0:38:33	— 51º	122º	7,400	210	140	verde
19	0:40:09	— 51º	107º	7,500	240	150	verde
20	inútil						
21	inútil						
22	inútil						

A hora universal é contada seguidamente, de zero a 24 horas, e universalmente utilizada pelos astrônomos em todos os países. Zero hora universal corresponde às 17 horas, Hora Oficial da Zona Oriental dos EUA. O meio-dia da Hora Oficial da Zona Oriental dos Estados Unidos corresponde às 17 horas, Hora Universal.

mente produzidas por impactos mais recentes, cujas bordas se sobrepõem às de crateras maiores e mais antigas — em poucas palavras, tôdas as características topográficas que já estamos acostumados a imaginar como típicas da Lua.

A segunda fotografia da sonda espacial ainda não mostrava êsses aspectos; as áreas claras indefinidas sugeriam dunas. O mesmo podemos dizer da terceira exposição. A quarta mostra algumas depressões que foram denominadas crateras, porque as exposições seguintes as exibiram com muita clareza. Se tivéssemos apenas a quarta fotografia, diríamos que representava uma paisagem desértica, com algumas manchas arredondadas que poderiam ser lagos secos. A principal razão pela qual a quarta exposição não revelou muita coisa reside no fato de que já era quase meio-dia naquele lugar quando a sonda Mariner passou por cima. Com

o Sol no zênite, não há sombras. A partir da quinta fotografia, os pormenores da superfície começam a tornar-se mais claros, e a sexta exposição mostra-os ainda mais claros. Foi a sétima exposição que provocou um efeito dramático, quando recebida. Revelou que as manchas arredondadas vistas nas primeiras fotografias constituíam definitivamente crateras produzidas por impactos. A fotografia número 8 mostrou duas crateras — medindo cêrca de 20 milhas de diâmetro — lado a lado, no centro, e algumas crateras menores em vários pontos da exposição. A exposição número 9, mostrando pelo menos vinte crateras de vários tamanhos, foi a primeira a revelar uma área semelhante às áreas da Lua. A décima fotografia mostrou cêrca de uma dúzia de crateras menores, com as bordas de duas crateras grandes se projetando nos lados da fotografia, e a décima primeira mostrou uma cratera maior, cêrca de 75 milhas de diâmetro, com uma menor no interior. A décima segunda exposição não apresentou pormenores, ao passo que a décima terceira mostra várias crateras de vinte milhas de diâmetro e provàvelmente uma seção da borda de uma cratera de 150 milhas de diâmetro, desde que aquilo que foi fotografado seja a borda de uma cratera, e não uma cadeia de montanhas apresentando longa curvatura. A variação da luz ao cruzar a cadeia de montanhas ou a borda de uma cratera tornou possível estimar sua altura. Certamente, não se pode obter "altura acima do nível dos mares" num planêta sem oceano como Marte; assim, a cifra de 13 000 pés significa a diferença de altura entre os picos e a base. Esta constituiu a maior diferença de altura encontrada em tôdas as fotografias tiradas.

A exposição número treze foi a primeira fotografia da série que apresentou as bordas das crateras de côr branca, como se estivessem cobertas de neve ou de geada nas partes mais elevadas. No instante em que esta fotografia foi tirada, a sonda Mariner IV estava sobrevoando as latitudes mais elevadas do hemisfério sul, e era justamente o hemisfério sul de Marte que estava no inverno. A décima quarta fotografia também mostra o que parece ser uma borda de cratera congelada e, ainda mais, mostra certo número de manchas muito brilhantes. Os cientistas que examinaram as fotografias trataram de se certificar de que as manchas brancas eram reais. Algumas das fotografias anteriores mostraram uma listra branca absolutamente reta, que poderia ser fàcilmente reconhecida como produzida por um defeito de transmissão. Porém, as manchas brancas da décima quarta fotografia não eram produzidas por defeito de transmissão; existiam realmente, e não havia dúvida de que representavam neve ou geada. Mas não se sabia que relevos da superfície eram cobertos por êsses lençóis de neve ou de geada. Tanto poderiam ser picos de gêlo como depressões cheias de neve, mas a fotografia nos mostra sombras; a partir da décima quarta, as exposições começam a mostrar um declínio de qualidade, tornando-se cada vez mais escuras e inúteis. A décima quinta mostra áreas esbran-

quiçadas que sugerem uma cobertura delgada de neve e débeis relevos de superfície que ainda podem ser reconhecidos como crateras.

A décima sexta exposição é virtualmente inútil, com exceção de alguns lugares esbranquiçados; a partir da décima sétima fotografia, não se percebe nada mais do que sinais eletrônicos.

Infelizmente, a sonda espacial Mariner IV não passou sôbre a calota polar do hemisfério sul. Uma ou duas fotografias da calota polar teriam sido de valor inestimável e solucionado alguns pontos duvidosos, principalmente quanto à espessura da calota. A amplitude das fotografias cobriu tanto as áreas claras quanto as escuras, e uma das fotografias representa uma área onde os observadores do passado teriam visto um "canal", porém nada fora do comum é visto nessa exposição. Isso pode ser atribuído a vários fatôres. Em primeiro lugar, a estação do ano não era favorável; os canais não aparecem bem, no inverno. Em segundo lugar, a fotografia tirada da nave espacial pode mostrar em pormenores tudo aquilo que forma um canal, mas de tal maneira que não poderíamos reconhecê-lo. Em terceiro lugar, os canais ressaltam principalmente pelo contraste de côres, e as fotografias em prêto e branco obtidas pela sonda espacial Mariner IV podiam simplesmente ter eliminado o contraste; uma área cinza-escura e uma verde-azulada podiam apresentar a mesma intensidade.

Em conseqüência, essas fotografias simplesmente não nos podiam adiantar nada sôbre os *canali*. A grande novidade consistia na abundância de crateras produzidas pelos impactos, que não tinham sido — mas deveriam ter sido — suspeitadas. E, uma vez que Marte está situado na borda interna do cinturão de asteróides, a probabilidade de colisões com asteróides de quase todos os tamanhos é realmente muito alta. Mesmo na época atual, quando a maioria dos asteróides divergentes, cujas órbitas poderiam levá-lo a colisões com os grandes planêtas, já desapareceu do espaço, Marte está muito mais exposto a ser atingido por um pequeno asteróide do que a Terra.

O mais interessante é que essas colisões parecem ter sido observadas há alguns anos por um afortunado astrônomo japonês, Tsuneo Saheki, do Planetário Osaka. Do seu relatório, escrito em inglês, consta o seguinte:

"No dia 8 de dezembro de 1951, às 21 horas UT (Tempo Universal, correspondente às 16 horas da Hora Oficial da Zona Oriental dos Estados Unidos), vi um ponto bem definido, brilhante, resplandecente, aparecer de repente em Tithonius Lacus. Brilhava tanto quanto uma estrêla de sexta grandeza — definitivamente mais brilhante do que a calota polar do hemisfério norte —, cintilando durante cêrca de cinco minutos. Desvanecendo-se ràpidamente, parecia, às 21h05m, uma pequena nuvem esbranquiçada, do tamanho do Tithonius Lacus. Às 21h10m, tinha-se tornado apenas visível, como um ponto branco grande e tênus, e às 21h40m, essa região da superfície marciana já retornara a seu estado normal.

"No dia 1 de julho de 1954, às 13h15m UT (que correspondem às 8h15m da Hora Oficial da Zona Oriental dos Estados Unidos), vi o Edom Promontorium brilhar de repente, para apenas cinco segundos mais tarde, voltar à sua aparência normal — uma mancha amarela brilhante. O brilho máximo foi avaliado em cêrca de 50 por-cento do brilho da calota polar do hemisfério sul. Nessa mesma noite, Ichiro Tasaka observava Marte com um refletor de 12 1/2 polegadas na cidade de Shinga, cêrca de 110 quilômetros ao sul, mas deixou de observar êsse estranho fenômeno. Registrou que o Edom Promontorium brilhava intensamente." [3]

Naturalmente, o Dr. Saheki ficou imaginando o que teria sido aquilo, e acrescentou algumas observações cautelosas a interpretações plausíveis:

"Podemos desprezar a possibilidade de que aquelas cintilações tenham sido a luz do Sol refletida de uma superfície aquosa e hipotética em Marte — já que a sua localização no planêta em relação à Terra e ao Sol exclui esta possibilidade. O reflexo na encosta de uma montanha coberta de gêlo elimina esta objeção, mas não justifica a formação de uma nuvem de poeira depois do desaparecimento da luz, como aconteceu em 1951. O impacto de um meteorito em Marte poderia produzir tanto a luz quanto a nuvem, mas dificilmente explica essas cintilações durante cinco minutos... Uma quarta interpretação que pode ser rejeitada, dada a sua origem artificial injustificada, necessitaria da existência de 'marcianos', da qual não existem indícios científicos. Outra possibilidade seriam erupções vulcânicas. Estas explicariam a formação de luz e de nuvens de poeira. Não obstante, a luz observada foi de muito curta duração, e a provável falta de água em Marte pode constituir um obstáculo para explicar esta possibilidade — os vulcões terrestres ejetam grandes quantidades de vapor d'água."

Sabendo-se que as crateras produzidas por impactos de meteoritos são numerosas em Marte, a segunda possibilidade do Dr. Saheki parece a mais provável. O impacto de um meteorito volumoso certamente levantaria uma nuvem de partículas, formada de material arrancado do solo bem como de fragmentos de meteoritos. Uma vez que essas partículas podem variar em tamanho, desde poeira fina a pedregulhos, e mesmo pedaços do tamanho de um tijolo (e até pedaços ainda maiores), os fragmentos mais pesados se depositariam mais ràpidamente, porque o ar marciano não proporcionaria nenhuma sustentação. Isto poderia explicar tanto a aparência quanto a duração daquilo que foi observado, e a dificuldade citada por Saheki, ou seja, a duração de cinco minutos da cintilação, não é insuperável. À primeira vista, poder-se-ia esperar que a cintilação fôsse de muito curta duração, devido provàvelmente à semelhança de tal impacto com o impacto de explosão de uma granada de artilharia. Mas esta comparação

---

3. O relatório foi publicado no *Sky and Telescope,* em fevereiro de 1955.

poderia estar errada. Depois de tudo, ninguém jamais observou o verdadeiro impacto de um meteorito volumoso — exceto, provàvelmente, Saheki —, e não é impossível que o material arrancado do solo, tendo sido aquecido até à incandescência pelo impacto, brilhe por alguns minutos.

Têm sido observadas repetidamente, desde 1890, cintilações repentinas em Marte, e quase tôdas as possibilidades citadas por Saheki têm sido também mencionadas a título de explicação. Foram consideradas, por sua vez, como sinais feitos pelos marcianos para atrair nossa atenção; como reflexos do Sol na superfície aquosa de Marte; como reflexos de campos de neve descongelando-se superficialmente e congelando-se de nôvo durante a noite seguinte de maneira tal que adquiriram êsse aspecto vidrado; e, finalmente, como reflexo de luz solar através de altas nuvens compostas de cristais de gêlo, que ainda se conservavam iluminadas pelo Sol enquanto o planêta, abaixo, se achava no escuro. Naturalmente, seria absurdo insistir em que tôdas as cintilações tivessem uma única origem. Algumas delas podem ter sido produzidas por altas nuvens; outras, pelo reflexo da luz solar nos campos nevados. Porém, cintilações acompanhadas por formações de nuvens de pouca duração têm provàvelmente sua causa nos impactos de meteoritos.

A primeira reação dos observadores interessados nas fotografias da sonda espacial Mariner IV foi de intensa surprêsa. A reação que se seguiu à surprêsa foi uma espécie de desânimo.

O planêta descrito por Schiaparelli — com uma atmosfera tênue, pequenos oceanos e grandes desertos, o conceito de "terra envelhecida" que foi depois ampliado por Lowell com sua teoria de sêres inteligentes que construíram o que sobrou do planêta — já foi desprezado há várias décadas. Mas o quadro mental que substituiu os conceitos primitivos ainda era o de um pequeno planêta muito interessante, com grandes áreas cobertas de vegetações vicejantes e bem adaptadas. Desde que tôda vida animal na Terra se nutre de plantas, e uma vez que existe vida vegetal em Marte, não podemos deixar de imaginar alguma espécie de vida animal, que viveria a custa da vegetação marciana. E se os exploradores do espaço, em futuro próximo, contassem ter encontrado ruínas de um passado que tivesse sido produzido por sêres inteligentes, muitas pessoas ainda diriam que isso era já esperado.

A sonda espacial Mariner IV mostrou, porém, um mundo que possuía uma atmosfera representada por apenas 1 por-centro da nossa própria atmosfera, salpicado de crateras produzidas por impactos, como a nossa Lua, mostrando crateras possìvelmente tão antigas que temos de concluir que Marte nunca possuiu bastante água para nivelar êsses relevos pela erosão. A surprêsa fôra seguida pelo desânimo, e alguns passaram do desânimo à resignação. Se assim é Marte, por que preocupar-nos com êle?

Essa sucessão de reações era uma espécie de repetição de algo já acontecido na Terra quase dois séculos antes. Por muitos e muitos anos, os homens do mar sonhavam um belo continente, grande e fértil, no hemisfério sul, onde grandes papagaios coloridos habitassem as florestas de palmeiras, onde crescessem grandes flôres estranhas e onde as praias estivessem cobertas de rubis e esmeraldas. O nome do continente era *terra australis incognita*, Grande Terra Desconhecida do Sul. Era estranho que houvesse tanta dificuldade em se encontrar a *terra australis*. Sempre que um navegador avistava uma costa promissora, verificava tratar-se de apenas uma ilha ou um grupo de ilhas; a terra procurada estava sempre mais ao sul do que se esperava. A segunda expedição — de 1772 a 1775 — do Capitão James Cook desfez os sonhos. Cook viajou em volta do Pólo Sul, tão perto quanto o gêlo flutuante o permitia, e bem próximo do Círculo Antártico. O objetivo dessa viagem desagradável e difícil era o Continente Antártico, que, se existisse, deveria estar dentro do Círculo Antártico. Nesse caso, tratar-se-ia de um continente relativamente pequeno e, certamente, bastante frio.

Quando os europeus tomaram conhecimento dessa notícia, ficaram sem saber se deveriam elogiar o Capitão Cook por suas viagens de exploração ou lamentar a destruição do sonho sôbre as extensas terras do sul. O famoso naturalista francês George de Buffon, então com quase 70 anos de idade, teria supostamente se lamentado nessa oportunidade, declarando que tal continente, se existisse, não valeria a pena ser descoberto!

Bem, vale a pena explorar o planêta Marte revelado pela sonda espacial Mariner IV? A resposta é, pura e simplesmente, *sim*. Assim como a Antártida de hoje, embora não apresente semelhança nenhuma com as grandes terras do sul desejadas pelos visionários europeus, ainda é um continente interessante para ser explorado, e poderá ser de valor, no futuro, sob vários aspectos, do mesmo modo o nôvo *Marte* ainda poderá ser um planêta interessante.

Será, sem dúvida, um trabalho científico interessante descobrir quais os gases que compõem sua atmosfera; o conhecimento da transformação atômica que ocorre abaixo de sua superfície será de grande interêsse científico. Ainda teremos de aprender a causa da coloração amarelo-avermelhada dos seus desertos. A maioria dos peritos concorda em que, entre os minerais conhecidos na Terra, é o limonito (cuja molécula se compõe de dois átomos de ferro e três de oxigênio, $Fe_2 O_3$) o que apresenta as características ópticas mais próximas das do deserto marciano, tal como a refletividade. É bem provável que Svanté Arrhenius tivesse razão, ao considerar a poeira do deserto marciano como constituída de óxido de ferro cósmico.

Existem problemas interessantes em todo lugar. Se a poeira do deserto é realmente ferro cósmico oxidado, deve ter havido oxigênio presente para oxidá-lo. No momento, a presença de oxigênio na atmosfera marciana é

negada com base em provas de muita valia. Porém, isso se refere à atmosfera considerada como um todo. Não é impossível que ela contenha uma percentagem de oxigênio perceptível perto do solo. Mas se, realmente, existir oxigênio nas proximidades do solo, outro fenômeno deve ocorrer. Do mesmo modo que a uma certa altura, em nossa própria atmosfera, o oxigênio é transformado em ozona, pela ação dos raios ultravioleta do Sol, o oxigênio próximo à superfície de Marte deve também ser convertido em ozona. Entretanto, o ozona é quìmicamente muito mais ativo do que o oxigênio, e possìvelmente êste é o motivo pelo qual não se acha oxigênio em nenhum outro lugar da atmosfera marciana. Sempre que o oxigênio é formado, os raios ultravioleta da luz solar o convertem imediatamente em ozona altamente ativo, e o ozona se combina de imediato com qualquer outro elemento para formar óxidos.

Êstes são alguns dos problemas químicos que devem ser investigados. Além dos problemas físicos das transformações radiativas do subsolo, que deve liberar algum calor e algum oxigênio, ainda há outros problemas

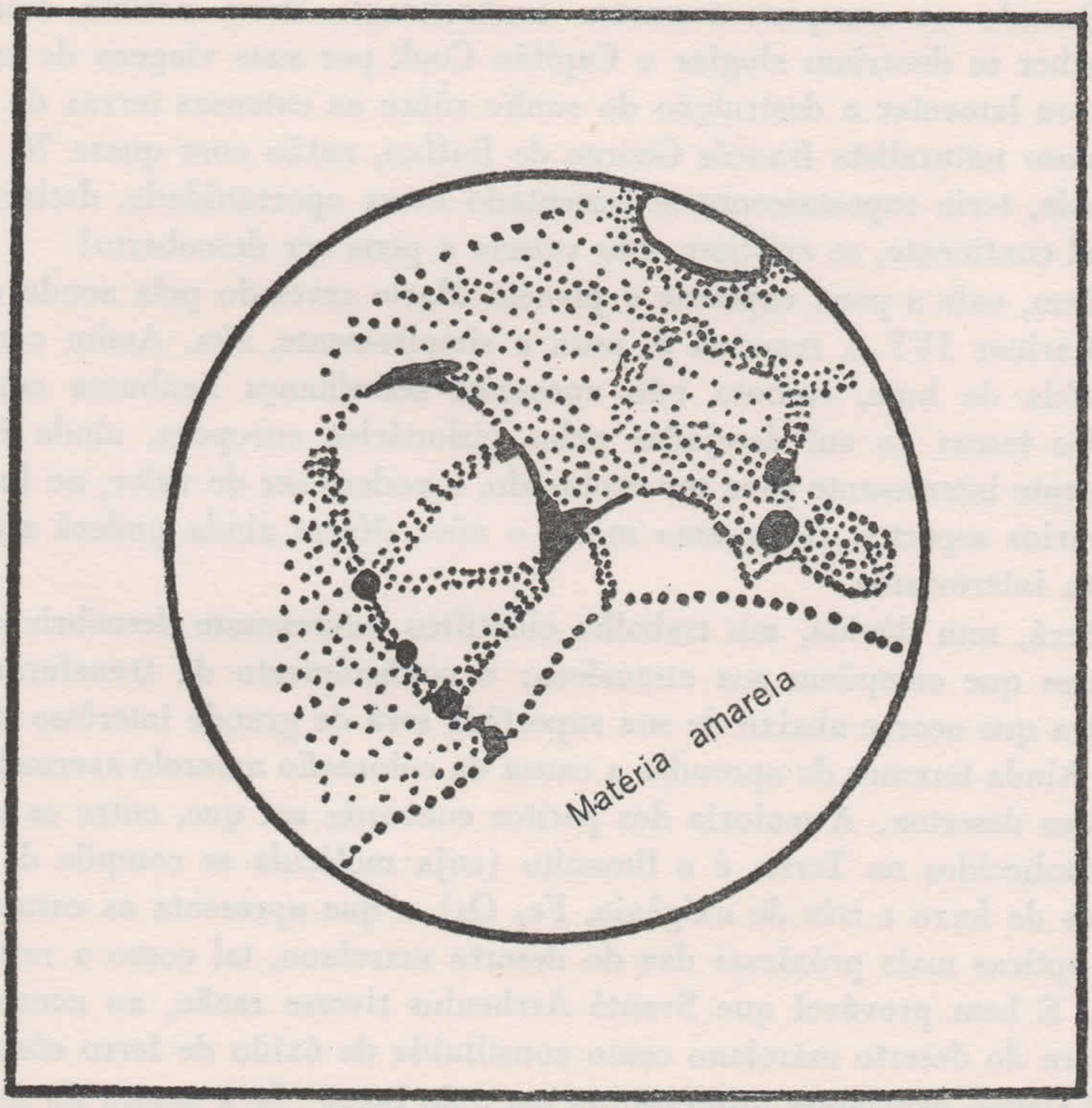


Fig. 25. Desenho do planêta Marte, feito por E. M. Antoniadi durante a oposição de 1909. Uma grande área estava coberta por uma tempestade de poeira, chamada *Matière Jaune* (matéria amarela) por Antoniadi.

físicos a resolver. Um dos mais desconcertantes é o fato de que as nuvens de poeira amarela permanecem flutuando na tênue atmosfera marciana durante certo tempo. *(Ver Figura 25.)* É claro que a fôrça gravitacional do planêta é menor que a da Terra, porém o ar é bem mais fino, mesmo em proporção à diferença de fôrça de gravidade. Qual será o diâmetro dêsses grãos de poeira, para flutuarem num ar tão tênue? Ou ficarão em suspensão mediante um processo diferente, como, por exemplo, cargas elétricas opostas?

Êstes são alguns dos novos e curiosos problemas surgidos depois de confirmada a existência de uma pressão atmosférica muito baixa em Marte.

E o fato de existirem problemas novos não significa que os antigos devam ser desdenhados. As linhas chamadas *canali* ainda exigem explicação diferente da afirmação de que não existem. Porque de fato existem; e podem ser vistas sempre que Marte se acha próximo e nossa atmosfera se mantém tranqüila na linha de visada.

O maior problema ainda consiste em determinar por que cêrca de um quarto do planêta parece mais escuro do que os outros três quartos. Apesar de ter sido verificado que a pressão atmosférica é baixa, que falta oxigênio e que a umidade em todo o planêta é pequena, a explicação mais simples e satisfatória consiste na afirmação de que as áreas escuras são áreas cobertas por vegetação. Sòmente a vegetação pode determinar as variações de côr de acôrdo com as estações do ano, e essas variações têm sido vistas com freqüência. Sòmente a existência de vegetação pode explicar o reaparecimento de uma mancha escura depois de a área ter sido coberta por uma tormenta de poeira. Certas peculiaridades refletivas das áreas escurecidas podem tão-sòmente ser explicadas se considerarmos que são cobertas por vegetação.

Mas o que dizer a respeito das fotografias tiradas pela sonda Mariner? Elas não mostram nada que possa ser chamado de vegetação. Isto é verdade, mas não esqueçamos que nunca se esperou mostrassem tal coisa. A menor altitude em que as fotografias foram tomadas representa um pouco menos do que duas vêzes o diâmetro de Marte; por coincidência, as fotografias foram tiradas de uma altura quase igual ao diâmetro do nosso próprio planêta. Porém, os satélites Tiros em órbita ao redor da Terra também o fazem a uma distância igual a seis por-cento do diâmetro da Terra; estão muito mais próximos, tanto em proporção como em números, e jamais transmitiram uma fotografia da Terra que possa ser aceita como prova de que existe vida na Terra. Se mais de 25 000 exposições efetuadas pelos satélites Tiros, que se acham mais próximos, não demonstraram sinais de vida na Terra, não poderemos esperar que apenas sete ou oito boas fotografias tiradas pela sonda Mariner IV apresentem sinais positivos de vida em Marte, especialmente tendo em conta a distância maior.

Há alguns anos, um botânico, o Professor Frank B. Salisbury, da Universidade do Estado do Colorado, demonstrou ser possível chegar próximo à superfície da Terra sem detectar sinais de vida. O Professor Salisbury determinou que um avião voasse sôbre o deserto do Colorado, a uma altitude de 10 000 pés, tirando fotografias coloridas da área sobrevoada. As fotografias não mostraram o mais leve traço de vida, embora se soubesse que as áreas cinza-azuladas na fotografia fôssem matagais de pequenas árvores e arbustos, vicejando ao longo de cursos dágua que se mantêm secos durante todo o ano. Uma dessas áreas se parece com um deserto marciano, no referente à coloração. Depois, Salisbury tirou, no próprio local, em terra, fotografias coloridas dêsse ponto do deserto, as quais mostraram plantas do deserto, sadias, espacejadas de alguns pés, até onde os olhos humanos podiam ver.

O problema da vida vegetal em Marte, portanto, não foi abordado pelas fotografias tiradas do espaço.

Vários anos antes do giro da sonda espacial, o mesmo Professor Salisbury escreveu um artigo intitulado *Martian Biology*, [4] no qual dizia em resumo como deveriam ser as plantas em Marte, a fim de produzir os fenômenos observados pelos telescópios da Terra.

"1. Os organismos conjeturados devem ser visíveis ou formar colônias visíveis cobrindo o solo num grande extensão.

2. Os organismos conjeturados devem ser os responsáveis pela côr (as propriedades gerais de refletir a luz) e pelas variações de côres observadas. As variações de côres devem ocorrer em função dos aumentos de temperatura e de umidade na atmosfera.

3. Os organismos conjeturados devem ser os responsáveis pelas variações de tamanho e forma observadas nas áreas marcianas — isto é, devem emigrar ou crescer com relativa rapidez, e reaparecer depois de cobertas por uma poeira amarela.

4. Os organismos conjeturados devem mostrar essas várias respostas ao meio ambiente marciano, que é caracterizado pela baixa temperatura e grandes flutuações de temperatura durante o dia — uma atmosfera extremamente rarefeita, contendo consideráveis quantidades de bióxido de carbono e apenas traços de água e oxigênio, e ocasionalmente penetrado pelos raios ultravioleta da luz solar.

5. Os organismos conjeturados devem estar de acôrdo com certos princípios fundamentais da ecologia, tais como o ciclo dos elementos..."

---

4. Publicado em *Science*, de 16 de abril de 1962.

Êstes são os requisitos. Vejamos agora a vegetação terrestre, ponto por ponto:

1. Tôdas as matas, florestas e prados formarão colônias visíveis — visíveis no sentido de que o solo apresentaria côr diferente, se as colônias não estivessem lá. Os observadores de Marte, contudo, teriam dificuldades em vê-las, por causa da inconstância das nuvens que cobrem a Terra, e, se houvesse astrônomos marcianos, êles se queixariam da atmosfera terrestre, como os nossos astrônomos.

2. Tôdas as plantas terrestres apresentam variações de côres à medida que as estações do ano variam; elas assim o fazem em resposta às variações de temperatura e umidade. Naturalmente, as variações das côres das plantas terrestres são diferentes das observadas em Marte.

3. Algumas plantas terrestres crescem lentamente, ao passo que outras crescem com incrível rapidez em determinadas épocas do ano. E é altamente significativo que as plantas que crescem ràpidamente, ou variam ràpidamente, sejam plantas dos desertos.

4. Algumas plantas terrestres, sobretudo as das regiões montanhosas ou dos planaltos elevados, apresentam grande tolerância às variações diárias de temperatura. Outras apresentam grandes tolerâncias às baixas temperaturas, embora não resistam às variações bruscas.

5. O ponto 5 é evidente por si mesmo — porém, a ecologia é diferente em cada um dos planêtas.

Pela comparação apresentada, verificaremos que a vida vegetal em nosso planêta, encarada como um todo, está de acôrdo com todos os pontos. Mas sòmente quando considerada em conjunto. Nenhum tipo de vida vegetal terrestre — árvores, gramíneas, fetos ou plantas que floresçam — se enquadra nestas especificações. Mas a capacidade de adaptação existe em nossas plantas. Os meios ambientes diferentes nas diversas partes da Terra provocaram exigências diferentes, e a evolução se adaptou a essas exigências. O meio ambiente de Marte parece ser mais uniforme — talvez se revele diferente quando chegarmos a Marte —, e as exigências são diferentes; em conseqüência, a evolução em Marte se processa de maneira diferente. Nenhuma planta terrestre poderia sobreviver, provàvelmente, em Marte, mas é possível que um peixe das profundezas do Oceano Índico sobreviva num tanque de água doce numa sala.

Certamente, não podemos adiantar nada sôbre a aparência das plantas de Marte, excetuando algumas generalidades, como, por exemplo, afirmando que as fôlhas de superfície plana são as mais bem adaptadas para receber os raios solares. Também podemos formular a hipótese de que elas se enrolam em forma de bastão, com a aproximação da noite fria,

porém um mecanismo que trouxesse o mesmo resultado seria uma fôlha que tomasse a forma de uma rosêta de superfície plana durante o dia e se contraísse numa esfera densa depois do pôr-do-sol. Da mesma forma, nada sabemos a respeito da bioquímica da vegetação marciana. As plantas, como os animais, necessitam de oxigênio, mas em nosso planêta o processo de fotossíntese produz muito mais oxigênio do que o necessário para o consumo das plantas, de sorte que as plantas liberam, durante o dia, muito mais oxigênio do que o necessário para seu consumo. As plantas marcianas podem ter desenvolvido meios de reter o oxigênio produzido durante o dia ou de decompor os óxidos de ferro do solo em ferro e oxigênio livres.

Isto tudo pode constituir nada mais do que simples conjetura dos biólogos, mas são decerto coisas que os biólogos gostariam de investigar — principalmente as plantas de Marte. Depois do giro da sonda espacial Mariner IV, Marte pode ser encarado de modo diferente, mas ainda constitui um planêta interessantíssimo.

Epílogo

E DEPOIS?

A viagem da sonda Mariner IV não modificou tanto os nossos conceitos gerais sôbre as condições climáticas e as possibilidades da existência de vegetação em Marte quanto julgávamos inicialmente.

Mas, sem dúvida, modificou as idéias sôbre aquilo que deveria ser feito depois da primeira viagem. Anteriormente, todos estavam convencidos de que o passo seguinte — de qualquer forma, um dos primeiros passos — seria a construção de um aparelho capaz de pousar no planêta e dotado de instrumentos para detectar a presença de vida. Mas mesmo os instrumentos que deveriam ser transportados ainda se achavam na fase preliminar das experiências. E tudo isso foi calculado com base numa pressão atmosférica, ao nível do solo, de cêrca de 60-70 milibares. Uma atmosfera com essa densidade pode constituir um freio aerodinâmico, e teria ajudado na confecção de um aparelho capaz de efetuar um pouso suave em Marte. A pressão existente de cêrca de 10 milibares não é bastante para êsse tipo de pouso. Isto significa que um aparelho carregado de instrumentos delicados, capaz de pousar suavemente em Marte, tornou-se um problema de difícil solução.

Para tornar a situação ainda mais delicada, surgiram dúvidas de que os instrumentos projetados para detectar a vida funcionasse a contento, sob as condições marcianas.

Êles foram projetados na presunção de que a bioquímica da bactéria marciana seja semelhante à da bactéria terrestre. Os meios utilizados para a detecção dependem da aceitação das substâncias nutritivas da Terra pelas bactérias marcianas. As alterações produzidas nas substâncias nutritivas pelas bactérias seriam os principais itens a ser registrados pelos instrumentos. Mas qual seria a conclusão, se não houvesse alterações nas substâncias? Poder-se-ia concluir que houve uma falha no instrumento, que os instrumentos não estavam funcionando como deviam por causa da violência do pouso, e por vários outros motivos. Poder-se-ia também concluir que não havia vida em Marte, nem ao menos bactérias. Poder-se-ia ainda afirmar que as bactérias marcianas não se interessavam pelas substâncias nutritivas terrestres. A detecção de formas de vida alienígenas por processos químicos não é uma boa idéia para se começar, e a principal razão pela qual se dedicou tanto tempo ao seu projeto veio de que os instrumentos deveriam ser leves e pequenos.

Um instrumento óptico para a detecção de vida alienígena apresenta características superiores; se virmos alguma coisa crescer, ou se mover deliberadamente, de algum modo, atacando outra, poderemos ficar certos de que estamos presenciando alguma forma de vida em ação. Porém, tal sistema óptico, para ser versátil, teria de ser pesado — não esqueçamos que a vida em Marte pode ser tão pequena quanto uma bactéria, ou do tamanho de uma planta comum dessas que plantamos em vasos — e consumiria grande energia para transmitir o que fôsse encontrado.

Em virtude disso tudo, o aparelho para pousar em Marte, dotado de instrumentos para detectar as formas de vida marciana, certamente não constitui o próximo passo de nossas explorações daquele planêta. Ainda há outras coisas para serem feitas antes.

O próximo passo deve ser a construção de um aparelho que possa ser enviado a Marte e mantido em órbita em volta do planêta, de preferência numa altitude baixa, aproximadamente a cem milhas da superfície, e portanto bem abaixo da órbita de Fobos. Manobra dessa natureza requer grandes quantidades de combustível, visto que um excesso de velocidade de cêrca de uma e meia milha por segundo teria de ser neutralizado. Felizmente, já se pode dispor de *boosters* mais poderosos para a decolagem, e as restrições de pêso impostas ao foquete Atlas-Agena não mais existem. Já é possível enviar às vizinhanças de Marte uma sonda espacial com 4 000 ou 5 000 libras de pêso terrestre. Um foguete dessa envergadura poderia transportar combustível em quantidade suficiente para colocar uma sonda em órbita ao redor de Marte (e para mudar de órbita, se isso se tornar necessário), e também proporcionaria a possibilidade de se aumentar consideràvelmente o suprimento de energia. A nave Super Mariner poderia transportar seis ou oito painéis solares, cada um com uma potência útil maior do que os quatro painéis do modêlo original.

Pelo fato de possuir maior fonte de energia, a nave Super Mariner poderia tirar e transmitir fotografias em côres; em se tratando de Marte, a côr é um dos requisitos essenciais.

As fotografias tiradas pela sonda Mariner IV teriam uma aparência menos esquisita, se fôssem feitas em côres. E só poderiam ajustar-se num mapa de Marte por tentativas, visto constituírem o que se poderia chamar de "fenômenos inesperados". Elas podem ser comparadas às fotografias de telhados tiradas por um helicóptero voando a baixa altura; tais fotografias também só poderiam encaixar-se no mapa de uma cidade por tentativas. Seria mais útil, para maior clareza, conseguir uma seqüência de fotografias tiradas cada vez mais de perto, gradativamente, como as tiradas da Lua pelo Ranger.

Um trabalho considerado ideal para um vôo de uma nave Super Mariner seria começar a tirar fotografias (em côres!) a uma distância de, digamos, 50 mil milhas de Marte. Depois, as fotografias deveriam ser tiradas a cada 5 mil milhas, até que a nave chegasse a uma distância de 15 mil milhas. Daí em diante, as fotografias deveriam ser tiradas no ritmo mais rápido possível.

Isto permitiria a obtenção de uma seqüência de exposições, começando com fotografias semelhantes ao que pode ser visto num telescópio sob condições ideais, com detalhes cada vez melhores.

Finalmente, depois de se colocar a nave em órbita, poderíamos obter pormenores excelentes, gradualmente, até a obtenção de um mapa de Marte em *close-up*. A órbita ideal em volta de Marte seria uma órbita polar. Numa órbita dessa natureza, apenas pequenos ajustes da posição de órbita no espaço seriam necessários — em relação às estrêlas — para manter a nave espacial permanentemente exposta aos raios solares, evitando que entrasse na sombra do planêta. Numa órbita polar, as fotografias cobririam todo o planêta, e não apenas o cinturão em tôrno do equador, como aconteceria numa órbita equatorial.

Um trabalho dessa natureza poria têrmo às discussões sôbre os *canali*, *oásis*, variações devidas às estações do ano, fusão ou evaporação da calota polar, altura das nuvens de poeira sôbre a superfície do planêta, etc. Sem dúvida, novos e inesperados problemas surgirão durante o curso dessas investigações, mas, uma vez consolidados êstes pontos básicos, saberemos como proceder.

Apêndices

OS FATOS MAIS IMPORTANTES SÔBRE MARTE

Distância do Sol:		
média	1.5237 U.A.	141 500 000 milhas
periélio (mínima)	1.3826 U.A.	128 000 000 milhas
afélio (máxima)	1.6658 U.A.	154 100 000 milhas
Distância da Terra:		
mínima (oposição periélica) ..		34 797 000 milhas
máxima (conjunção afélica) ..		340 000 000 milhas
Velocidade orbital:		
média	14,98 milhas por segundo	
no periélio (mais rápida)	16,45 milhas por segundo	
no afélio (mais lenta)	13,64 milhas por segundo	
Velocidade de escape	3,13 milhas por segundo	
Velocidade circular (na superfície)	2,21 milhas por segundo	
Diâmetro equatorial	4 194 milhas * (4 220 milhas)	
Diâmetro polar	4 163 milhas * (4 175 milhas)	
Duração do dia sideral	24 horas 37 minutos e 22,668 segundos	
solar	24 horas 39 minutos e 35,247 segundos	
Duração do ano	686 979 dias terrestres — 668 599 dias marcianos	
Excentricidade orbital	0,093368	
Inclinação da órbita em relação à eclíptica	1 grau 50 minutos e 59,8 segundos	
Inclinação do equador marciano em relação à sua órbita	25 graus e 10 minutos	
Massa (Terra=1)	0,108	
Área da superfície (Terra=1)	0,278	
Gravidade na superfície (Terra=1)	0,38	
Densidade (Terra=1)	0,737 ou 4,1 gr/cc (0.71 ou 3,91 gr/cc)	

* Êstes dados são fornecidos de acôrdo com o Memorando RM-3999 da ANAE, de janeiro de 1964; os dados utilizados anteriormente são fornecidos entre parênteses.

OS SATÉLITES DE MARTE

	Fobos	*Deimos*
Descobridor	Asaph Hall	Asaph Hall
Data do descobrimento	Agôsto 17, 1877	Agôsto 17, 1877
Distância, do centro do planêta	5 820 milhas	14 615 milhas
Distância da superfície do planêta	3 604 milhas	12 493 milhas
Órbita simultânea em relação a Marte (do centro do planêta)	——	12 710 milhas
Tempo de órbita (Período)	7 horas 39 minutos	30 horas 80 minutos
Excentricidade orbital	0,0210	0,0028
Inclinação da órbita para o equador marciano	0 graus 57 minutos	1 grau 18 minutos
Diâmetro (aproximado)	10 milhas	6 milhas

PERFORMANCE DE VÔO DA SONDA MARINER IV

Datas selecionadas — a distância da Terra às 9h, Hora Oficial da Zona Oriental dos Estados Unidos; distância total percorrida às 15h, Hora Oficial da Zona Oriental dos Estados Unidos para as datas dadas.

Data 1964		*Dias decorridos desde a decolagem*	*Distância em linha reta da Terra (milhas)*	*Distância percorrida na órbita (milhas)*	*Distância em linha reta para Marte*
Dez.	28	30	5 097 388	52 405 965	
	30	32	5 443 671	55 856 811	
1965					
Jan.	15	48	8 563 346	82 950 644	
	25	58	11 303 032	101 009 177	
Fev.	10	74	16 241 084	124 819 350	
	25	89	22 784 846	147 671 170	
Mar.	10	102	29 792 086	166 718 190	
	20	112	35 967 651	180 912 930	
	31	123	43 479 864	196 094 740	
Abril	10	133	50 897 358	209 528 220	
	30	153	67 034 878	235 445 095	
Maio	10	163	75 645 610	247 980 100	
	27	180	90 780 532	268 736 040	
Junho	10	194	103 499 720	285 383 610	
	20	204	112 586 940	297 100 000	5 857 220
	30	214	121 606 448	308 600 000	3 446 013
Julho	5	219	126 064 300	314 300 000	2 255 612
	6	220	126 950 210	315 500 000	2 018 246
	7	221	127 834 408	316 600 000	1 781 048
	8	222	128 715 870	317 800 000	1 543 989
	9	223	129 595 530	318 900 000	1 307 037
	10	224	130 474 570	320 700 000	1 069 131
	11	225	131 349 910	321 900 000	832 262
	12	226	132 233 060	322 800 000	595 357
	13	227	133 094 110	324 000 000	358 291
	14	228	133 963 540	325 100 000	120 638
Agôsto	20 (1)	265	163 162 460	365 000 000	8 622 011
Set.	24 (2)	300	187 152 860	410 000 000	17 606 438

UM CALENDÁRIO PARA MARTE

O ciclo das estações em Marte é determinado do mesmo modo que na Terra. Porém, enquanto a velocidade orbital da Terra é virtualmente uniforme, a velocidade orbital de Marte varia grandemente, dependendo da posição do planêta, mais próximo do afélio ou do periélio. Em conseqüência, a diferença entre o número de dias de uma estação é maior em Marte do que na Terra.

A tabela seguinte mostra a duração das estações, tanto na Terra quanto em Marte:

ESTAÇÕES		DURAÇÃO	
Hemisfério		*Marte*	*Terra*
Norte	*Sul*	*(Dias marcianos)*	*(dias)*
Primavera	Outono	194,54	92,9
Verão	Inverno	177,10	93,6
Outono	Primavera	140,92	89,7
Inverno	Verão	156,04	89,1
		668,60	365,3

Mas não é fácil ajustar as diferentes durações das estações num calendário, se quisermos mantê-lo simples. O objetivo de um calendário é manter o registro do ano (ou seja, do período orbital) e fazer uma previsão qualquer para acomodar a fração de um dia ao fim do ano. O período orbital de Marte não é, como o da Terra, um múltiplo perfeito do número de revoluções do planêta em tôrno de seu eixo.

Na verdade, há várias maneiras de confeccionar um calendário para a Terra, bem como podemos escolher várias maneiras de confeccionar um calendário marciano. Visto que um calendário marciano deverá ser utilizado pelos habitantes da Terra transplantados para Marte, e que estão acostumados a um ano de 12 meses e a uma semana de 7 dias, o Dr. Levitt, diretor do Planetário Fels, de Filadélfia, levou isso em consideração ao confeccionar o calendário marciano. Naturalmente que uma semana de sete dias é completamente arbitrária em Marte; na Terra ela representa aproximadamente um quarto do tempo decorrido entre duas luas novas consecutivas.

O calendário marciano, portanto, deveria constituir-se de 12 meses, cada um com 8 semanas de 7 dias, com uma exceção: quatro meses teriam

a última semana com apenas 6 dias. O calendário, feito para caber numa carteira de dinheiro, teria o seguinte formato:

Janeiro	Fevereiro	Março
Abril	Maio	Junho
Julho	Agôsto	Setembro
Outubro	Novembro	Dezembro

D	S	T	Q	Q	S	S	D	S	T	Q	Q	S	S	D	S	T	Q	Q	S	S
1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7
8	9	10	11	12	13	14	8	9	10	11	12	13	14	8	9	10	11	12	13	14
15	16	17	18	19	20	21	15	16	17	18	19	20	21	15	16	17	18	19	20	21
22	23	24	25	26	27	28	22	23	24	25	26	27	28	22	23	24	25	26	27	28
29	30	31	32	33	34	35	29	30	31	32	33	34	35	29	30	31	32	33	34	35
36	37	38	39	40	41	42	36	37	38	39	40	41	42	36	37	38	39	40	41	42
43	44	45	46	47	48	49	43	44	45	46	47	48	49	43	44	45	46	47	48	49
50	51	52	53	54	55	56	50	51	52	53	54	55	56	50	51	52	53	54	55	—

O calendário contém 668 dias (marcianos) por ano, ou 6/10 de dias a menos. Se a discrepância fôsse de 5/10 de dia, o calendário poderia ser fàcilmente corrigido, fazendo-se com que de dois em dois anos houvesse um ano de 669 dias, porém êste 1/10 de dia extra por ano só serve para complicar as coisas. A solução apresentada pelo Dr. Levitt consiste em confeccionar um calendário incluindo um ciclo de cinco anos com 668/669/669/669/668 dias marcianos por ano. O ciclo completo consta de 3 343 dias, ou seja, 668,6 multiplicado por 5.

Tudo isso seria perfeito, se o ano marciano contivesse exatamente 686,6 dias, mas essa cifra nada mais é do que uma aproximação conveniente. Na realidade, ela apresenta um êrro de 0,00095 de dia por ano, mas serão necessários 10 000 anos para completar um dia inteiro. Portanto, em cada 10 séculos haveria um ciclo de 668/668/669/669/668 dias de 24 horas para se ajustar à realidade.

IMPRESSO E EDITADO POR
BLOCH EDITÔRES S. A.
RUA FREI CANECA, 511
RIO DE JANEIRO - BRASIL

Quando o engenho espacial norte-americano Mariner IV fotografou o planêta Marte, muitas teorias foram confirmadas, retificaram-se numerosos conceitos fantasiosos e ficou mais próximo o dia do vôo do homem em direção aos outros corpos do nosso sistema solar. Ainda assim, uma enorme quantidade de mistérios permaneceu, dotando daquela excitante dose de risco a maravilhosa aventura prevista para mais breve do que talvez se julgue. **Em** A Conquista de Marte, **Willy Ley fornece um panorama completo dos conhecimentos humanos a respeito do chamado planêta vermelho, vindo desde os estudos iniciais, passando pelas versões fantasiosas da ficção científica, pelas observações dos astrônomos, e chegando à realidade dos nossos dias. Em linguagem simples, saborosa, põe ao alcance de todos o máximo de informações sôbre um dos temas que mais têm apaixonado os sêres humanos, em todos os tempos. Uma leitura proveitosa.**

EDIÇÕES BLOCH